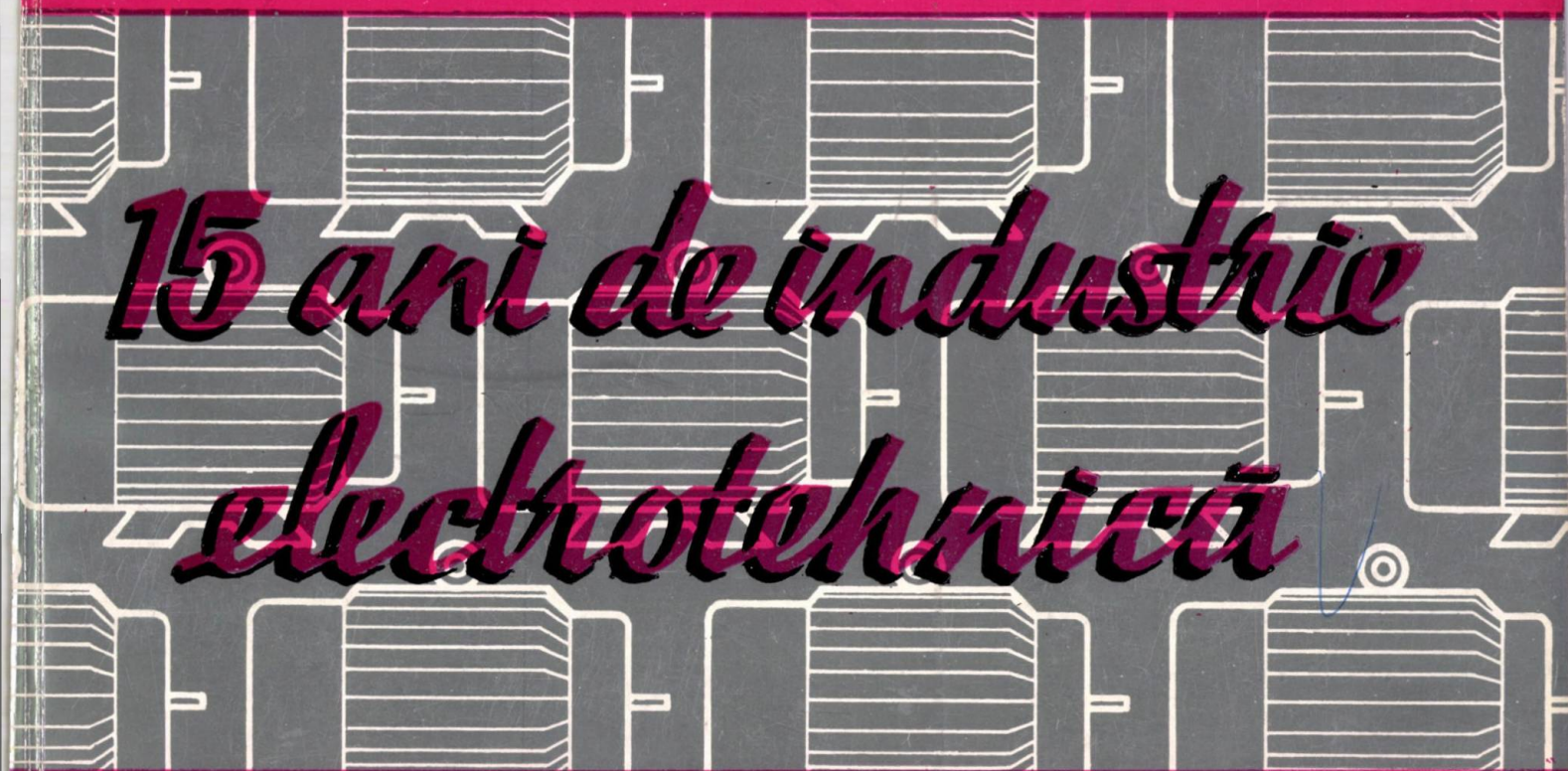
E 2040

R REFERÁLVA

ELECTROTEHNICA



9/22

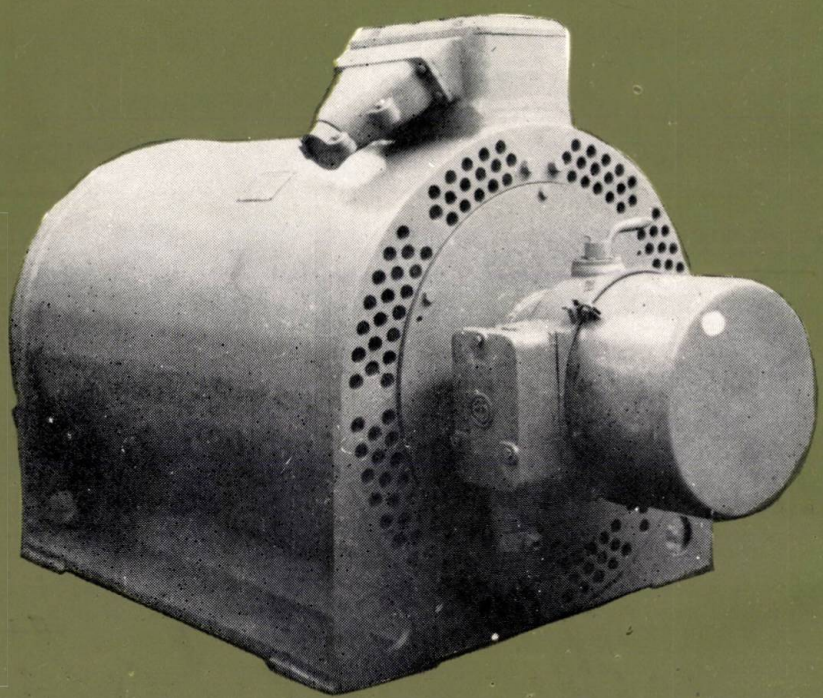
Electrotehnica • București • Anul 12 • nr. 1—2 • P. 1—80 • ian.—febr. 1964

1-2

fabrica de mașini electrice din cadrul

UZINELOR ELECTROPUTERE CRAIOVA

execută:



— motoare electrice în protecție P33 cu răcire prin țevi, cu puteri cuprinse între 100 și 1 000 kW

— motoare asincrone cu protecție P21 și P22, cu puteri cuprinse între 100 și 1 000 kW

— motoare sincrone cu puteri cuprinse între 100 și 1 000 kW

E 2040

OMSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCŢIILOR DE MAŞINI ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

SUMAR ŞI INDEX ALFABETIC DE AUTORI

ANUL XII

1964

Recomandări pentru autori

1. Lucrările ce pot fi prezentate spre publicare sînt : de importanţă generală, tehnico-ştiinţifice speciale, teoretice sau experimentale şi tehnice obişnuite.

2. Lucrările vor fi axate pe aducerea la îndeplinire a sarcinilor trasate de Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. — îndeosebi introducerea tehnicii noi, ridicarea calităţii produselor, reducerea preţului de cost, creşterea productivităţii muncii etc. Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învăţămînt, producţie este condiţia esenţială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuţie să se refere la probleme noi şi actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde consideraţii privind eficienţa economică a soluţiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.

3. Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

4. Lucrările care au mai fost publicate integral sau parţial nu pot fi trimise redacţiei spre publicare.

5. Un scurt rezumat fixînd premisele de la care s-a pornit, problema studiată şi cadrul în care este tratată, nedepăşind 4—5 rînduri, va fi anexat lucrării.

6. In introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei şi în preocupările producţiei : de asemenea, se arată scopul lucrării, subliniindu-se contribuţia autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permiţînd inteligibilitatea fără dificultăţi a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstraţii voluminoase ; de asemenea, se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.

7. Concluziile vor concentra rezultatele obţinute cu indicarea limitei de valabilitate şi aplicaţiile posibile.

8. Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmaţiile luate din alte lucrări şi care nu sînt în general cunoscute.

9. Dezvoltările materialelor vor fi limitate la cele absolut necesare înţelegerii raţionamentului.

10. Se recomandă o atenţie deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii şi exponenţii se vor scrie mai mici decît baza şi aşezaţi mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele ruseşti, romane, greceşti, germane etc.

11. Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (figuri sau tabele), atît cele speciale, cît şi cele generale. Se vor indica toate datele în transcripţii originale. Pentru cărţi : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual şi tradus în paranteză), ediţia, editorul, locul editurii, anul. Pentru articole : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual şi tradus în paranteză), revista, volumul, numărul, luna şi anul, paginile.

12. Scrisul la maşină al articolelor este recomandat cu insistenţă, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic.

Se scrie pe o singură pagină faţă, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.

13. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicaţii.

14. Articolele se trimit cu o notă însoţitoare pe adresa redacţiei. In notă se vor indica : titluri, funcţii, localitatea şi adresa domiciliului, număr de telefon.

15. Lucrările executate în cadrul diverselor instituţii sau organizaţii vor purta aprobarea acestora pentru publicare.

16. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări în corectură faţă de manuscris.

Către cititorii noştri

În scopul mobilizării inginerilor şi tehnicienilor noştri în vederea îndeplinirii cu succes a sarcinilor măreţe trasate de cel de-al III-lea Congres al P.M.R., îndeosebi pentru introducerea tehnicii noi, îmbunătăţirea produselor, reducerea preţului de cost, creşterea productivităţii muncii, comitetul de redacţie a luat numeroase măsuri privind îmbunătăţirea continuă a conţinutului şi aspectului grafic al revistei noastre. Unele dintre aceste măsuri necesită explicaţii şi îndrumări pentru a putea fi aplicate în mod raţional. Unele explicaţii se dau mai jos, iar pentru informaţii de detaliu rugăm pe cititorii noştri să se adreseze direct redacţiei noastre.

Revista cuprinde următoarele părţi : partea de fond, partea documentară şi inseratele.

1. Partea de fond conţine : articole, note, discuţii, referate, recenzii, norme şi standarde şi cronici. Are paginile numerotate în continuare pe tot anul, iar la numărul 12 se anexează o tablă de materii sistematică şi o listă alfabetică de autori cu scopul ca partea de fond să se detaşeze, să se lege, formînd colecţia revistei.

1.1. Articole. Articole de fond privind luări de poziţii, comentarii faţă de evenimentele politice, economice şi tehnice de importanţă mare.

Articole tehnico-ştiinţifice sau tehnologice (4—6 de fiecare număr al revistei) cu caracter de originalitate sau sinteză ; se publică în condiţiile comunicate autorilor. Ele sînt precedate de o scurtă introducere redacţională, destinată a situa articolul în tematica revistei şi în problematica actuală a domeniului cu sublinierea importanţei sau a interesului pe care le comportă. Articolele sînt urmate de liste bibliografice, din care în viitor nu vor lipsi trimiteri la articole apărute anterior în revista noastră.

Pentru a uşura găsirea unui articol într-o colecţie de numere, fiecare articol este prevăzut cu un număr de clasificare zecimală care, împreună cu fişele documentare ale sumarelor în limba romînă şi în patru limbi străine, permite identificarea obiectului articolelor şi pentru cititorii străini care nu cunosc limba romînă.

În acelaşi timp, sumarele pe fişe (vezi mai jos) şi tabelele de materii anuale pe cinci ani etc. dau posibilitatea găsirii uşor a unui articol în colecţie.

1.2. Notele sînt expuneri mai scurte şi de o importanţă mai redusă decît articolele. Ele pot avea un caracter de originalitate, se clasifică zecimal şi se introduc în sumarele anuale.

1.3. Discuţii asupra unor lucrări sau articole apărute, arătînd poziţia luată în problema respectivă şi răspunsul dat, se admit fără ca redacţia să-şi ia un angajament sau responsabilitatea în ce priveşte părerile exprimate. Discuţiile au scopul să încurajeze lupta de opinii între autori şi cititori.

1.4. Referatele sînt rezumate obiective (necifrice) ale unor articole sau lucrări apărute în alte reviste din ţară şi din străinătate, care se consideră de către redacţie a fi interesante şi utile cititorilor. Indicaţia bibliografică să fie completă (inclusiv numărul de figuri, tabele şi referinţe bibliografice).

1.5. Recenziile sînt prezentări mai ample şi critice ale unor lucrări de anvergură, cărţi, monografii, disertaţii. Recenzorii se aleg de către redacţie dintre persoanele competente în domeniul respectiv, care semnează prezentarea. Critica trebuie să fie constructivă şi să permită îmbunătăţiri la o nouă ediţie.

1.6. Norme şi standarde constituie o rubrică de prezentare a ultimelor ştiri privind redactarea şi apariţia de norme şi standarde în ţară şi străinătate (norme internaţionale).

1.7. Cronica serveşte la anunţarea sau reamintirea unor evenimente mai importante în domeniul respectiv : congrese, conferinţe, aniversări, comemorări etc.

2. Partea documentară a revistei este mult amplificată faţă de trecut, avînd în vedere nevoia actuală de a promova şi îmbunătăţiti documentaţia tehnico-ştiinţifică în masa inginerilor şi tehnicienilor.

2.1. Sumarele sînt redactate în patru limbi, sub formă de fişe bibliografice, decupabile, cu număr de clasificare zecimală şi referinţe bibliografice normale (denumirea şi numărul revistei se repetă pe fiecare fişă). Dispuse pe fanioane (care se detaşează la scoaterea broşelor fiecărui număr), ele sînt destinate a fi decupate şi ordonate în fişiere bibliografice individuale.

2.2 Titlurile documentare sînt titlurile unor articole recente din periodicele din ţară şi străinătate care pot prezenta interes pentru inginerii sau tehnicienii noştri, dar nu pot fi referite mai pe larg (v. 1.4).

3. Inseratele sînt :

3.1. Anunţuri de evenimente şi apeluri către cititori sau autori.

3.2. Reclame şi prezentări de produse speciale ale unor întreprinderi din ţară şi străinătate.

Condiţiile pentru inserarea de anunţuri şi reclame se comunică de către redacţie celor interesaţi.

Redacţia speră ca prin aceste măsuri să fi acţionat în interesul cititorilor şi îşi propune ca obiectiv să facă revista cît mai utilă şi mai interesantă.

Rectificare la sumar. Electrotehnica **12** *(1964)*

La pct. **12** în loc de **Propulsia** se va considera **Propagarea.**

La pct. **13** tot titlul devine:

13. CZ 631.327 Lămpi electrice luminescente

La pct. 13. 1. clasificarea zecimală este următoarea:

CZ 621.327.7.004.13:546.15

SUMAR

1. CZ 061.3 Colectivităţi. Congrese. Ştiri

CZ 061.3 (498) „1964"

1. 1. *Expoziţia realizărilor economiei naţionale a Republicii Populare Romîne* (Cronică : Stoica, D.)

10, 355—358

CZ 061.3 : 620.9 (498) „1963"

1. 2. *Sesiunea de comunicări a Institutului de energetică al Academiei R.P.R.* (Cronică : Avramescu, A.)

5, 198—199

CZ 061.3 : 621.3 CEI „1964"

1. 3. *Cea de-a 29-a reuniune generală anuală a comisiei electrotehnice internaţionale Aix-les-Bains, 19—30 mai 1964* (Cronică : Răduleţ, R.)

8, 313—314

CZ 061.3 : 621.3 I.C.P.E. „1964"

1. 4. *I.C.P.E. la a patra sesiune de comunicări tehnico-ştiinţifice* (Cronică : Avramescu, A.)

11, 435—438

CZ 061.3 : 621.3 CEI „1964"

1. 5. *Din lucrările comitetelor tehnice CEI la sesiunea 1964 de la Aix-les-Bains* (Cronică : Răduleţ, R., Hortopan, Gh. şi Ciofu, V.)

11, 438—439

CZ 061.3 : 621.3 (498) U.C.M.R. „1964"

1. 6. *Prima sesiune de comunicări tehnico-ştiinţifice la Uzina de construcţii de maşini Reşiţa* (Cronică : Grozea, L.)

12, 481—482

CZ 061.3 : 621.311.1 (498) I.R.M.E.

1. 7. *A II-a sesiune tehnico-ştiinţifică I.R.M.E.* (Cronică)

8, 309—310

CZ 061.3 : 621.312 CIGRÉ

1. 8. *A XX-a sesiune a conferinţei internaţionale a marilor reţele electrice* (CIGRÉ) (Cronică: Constantinescu, E.)

8, 314—315

CZ 061.3 : 621.312.1 (498) I.S.P.E.

1. 9. *A IV-a sesiune de comunicări tehnico-ştiinţifice I.S.P.E., aprilie 1964* (Cronică : Constantinescu, E.)

8, 310—312

CZ 061.3 : 621.313.3 (498.11) „1963"

1. 10. *Sesiunea tehnico-ştiinţifică la Uzina de maşini electrice-Bucureşti* (Cronică : Bunea, V.)

5, 199—200

CZ 061.3 (100) : 62 „1964"

1. 11. *Conferinţa internaţională a femeilor ingineri şi oameni de ştiinţă* (Ştire)

3, 103

CZ 061.4 (43) Leipzig, „1964"

1. 12. *Tîrgul internaţional de la Leipzig, 6—13 sept 1964* (Cronică)

11, 443

CZ 061.4 : 62 (497.1) : (498.11) „1964"

1. 13. *Expoziţia industrială iugoslavă. Bucureşti, 1964* (Cronică)

11, 442

CZ 061.4 : 621.312 (498) „1948/63"

1. 14. *Expoziţia 15 ani de activitate a industriei electrotehnice* (Cronică : Stoica, D.)

1—2, 79

2. CZ 62 Ştiinţe tehnice. Construcţii de maşini. Electrotehnică

CZ 62 : 331.8 (498)

2. 1. Tuzu, C. : *Industria socialistă — temelia economiei R.P.R.* (Recenzie)

11, 432

CZ 62 : 061.3 : 621.3 (498.11)

2. 2. *Cea de-a opta sesiune ştiinţifică de comunicări a cadrelor didactice de la Institutul politehnic — Bucureşti* (Cronică : Carabulea, A.)

4, 156—157

3. CZ 621.3 Electrotehnică

CZ 621. 3.012.1

3. 1. *Procedeu şi aparat pentru transmisia directă a diagramei vectoriale a curenţilor într-un sistem trifazat* (Invenţie)

7, 275—276

CZ 621.3.013.4 : 538.542 : 621.318.22

3. 2. Atanasiu, Gh. : *Efectul pelicular în benzi feromagnetice*

5, 161—166

CZ 621.3.016.25

3. 3. Avramescu, A. : *Contribuţii romîneşti în compensarea energiei reactive şi deformante*

6, 201—205

CZ 621.3.016.313

3. 4. Rothman, A. : *Sistematizarea reţelelor electrice ca o problemă de valori proprii*

6, 227—236

CZ 621.3

3. 5. Cahen, Fr. : *Electrotehnica* (Recenzie : Hortopan, V.)

11, 429

CZ 621.3 (498) (092)

3. 6. *Steinberg, C.* (Necrolog)

6, 238

CZ 621.3.015.3 + 621.3.015.51/52

3. 7. Jacotett, P. : *Influenţa frecvenţei şi distanţei distructive asupra rigidităţii dielectrice a eclatoarelor cu tije şi a izolatoarelor* (Recenzie : Avramescu, A.)

10, 401

CZ 621.3.016 : 061.3 VDE „1963"

3. 8. *Puterea reactivă. Dări de seamă ale Comitetului ştiinţific VDE*, 27—28 martie 1963 (Recenzie)
6, 236—237

CZ 621.3.016.313.001.24

3. 9. Nedelcu, V. N.: *Teoria unitară a puterii sistemelor nesimetrice nesinusoidale polifazate* (Recenzie : Nowomiejski, Z. — Polonia)
1—2, 73—74

CZ 621.3.066.6 : 061.3

3. 10. *Sesiunea privind contactele electrice din Graz* (Cronică : Avramescu, A.)
10, 403—404

CZ 621.3.066 : 621.315. 5

3. 11. Keil, A.: *Materiale pentru contacte electrice* (Recenzie : Titz, Gh.)
4, 149—150

CZ 621.3 Electrotehnică generală

3. 12. 1—2 (1); 3(2); 4(2); 5(1); 6(1); 8(4); 10(1); 12(2)

4. CZ 621.312 Industrie electrotehnică

CZ 621.312 (498)

4. 1. *15 ani de industrie electrotehnică* (Editorial)
1—2, 1

CZ 621.312 (498)

4. 2. Ghiţă, N.: *Industria electrotehnică din R.P.R. — creaţie a regimului de democraţie populară*
1—2, 3—6

CZ 621.312 : 621.313/16 U.E.P.C.

4. 3. Popovici, V. şi Heinrich, A.: *Realizări tehnice deosebite la Uzinele „Electroputere" — Craiova*
1—2, 27—38

CZ 621.312 : 621.313 (498) U.M.E.B.

4. 4. Segal, S., Bunea, V. şi Berberian, A.: *Progresul tehnic la Uzina de maşini electrice — Bucureşti*
1—2, 47—53

CZ 621.312 : 621.396.002.2 U.E.

4. 5. Lăzăroiu, F. D.: *Introducerea proceselor tehnologice moderne la Uzinele „Electronica" — Bucureşti*
1—2, 39—46

CZ 621.312.001.5 (498) : 608

4. 6. Avramescu, A.: *Activitatea de cercetare, factor important în ridicarea nivelului tehnic al industriei electrotehnice*
1—2, 15—26

CZ 621.312.02.6 (498)

4. 7. Vlădoianu, R.: *Ridicarea nivelului tehnic şi calitativ al producţiei electrotehnice*
1—2, 7—14

CZ 621.311.25 : 538.313 : 533.9

4. 8. *Producerea energiei electrice pe cale magnetoplasmodinamică* (Recenzie : Bădescu, A.)
12, 475—476

5. CZ 621.313 Maşini electrice de curent continuu şi alternativ. Generatoare. Motoare

CZ 621.313.042

5. 1. Bunea, V. şi Fluerăşu, S.: *Bobinajul în Z, un nou tip de bobinaj pentru maşini electrice*
8, 286—289

CZ 621.313.1.045.5 : 621.317.333.82

5. 2. Vascan, Th.: *Studiu experimental privind fenomene de impuls în maşinile electrice rotative*
4, 125—132

CZ 621.313.14.048.8 : 621.56/59

5. 3. Antohi, C., Bărcănescu, V., Pascal, P. şi Furtunescu, E.: *Scheme de izolaţie pentru maşinile electrice utilizate la antrenarea compresoarelor din agregatele frigorifice capsulate*
12, 461—468

CZ 621.313.17.048.1

5. 4. Bercu. A. şi Perlea, A. M.: *Tendinţe moderne în tehnologia impregnării micromotoarelor*
5, 182—189

CZ 621.313.3—573 : 621.317.643

5. 5. Drăgănescu, O., Galbenu, Gh., Stamate, S. şi Cîmpeanu, A.: *Cercetări experimentale asupra caracteristicii de pornire a maşinilor electrice rotative, sincrone şi asincrone*
8, 289—294

CZ 621.313.32/33.017.39.001.24

5. 6. Nicolaide, A.: *Pierderi suplimentare în rotoarele cu colivie ale maşinilor asincrone şi sincrone*
10, 361—368

CZ 621.313.323.002.2 (498)

5. 7. Cristea, N.: *Corelarea parametrilor şi construcţiei motoarelor cu a generatoarelor în cadrul seriei unitare de maşini sincrone cu puteri de 200—1 000 kVA*
8, 283—286

CZ 621.313.33.011.1.004.13

5. 8. Nedelcu, V. N.: *Cu privire la deducerea ecuaţiilor de tensiuni ale maşinii asincrone*
12, 457—461

CZ 621.313.333.017.39

5. 9. Popovici, Al., Tatu, Gh., Nicoară, P., Băbuţia, I. şi Crăciunescu, V.: *Cu privire la reducerea pierderilor suplimentare în gol la motoarele asincrone*
5, 166—171

CZ 621.313.333.045.58

5. 10. *Motoare asincrone cu două turaţii* (notă : Cîrjan, E.)
1—2, 70

CZ 621.313.333.002.2 : 621.312 (498)

5. 11. Lefter, V. şi Liuba, V.: *Seria nouă unitară de motoare asincrone de 0,8—100 kW*
1—2, 59—66

CZ 621.313.333.2.042.13.001.24

5. 12. Saviuc, V.: *Maşină asincronă cu rotor feromagnetic masiv*
10, 368—382

CZ 621.313.333—758.017.72

5. 13. Şora, I.: *Ventilaţia motoarelor asincrone închise corespunzînd gamei de puteri 0,6—100 kW*
4, 121—124

CZ 621.313.5.066.6 : 621.8.034.4

5. 14. Tomoiagă, R. şi Lăzărescu, I.: *Contribuţii la calculul şi dimensionarea arcurilor elicoidale în aparatajul electric de conectare*
12, 468—475

CZ 621.313

5. 15. Gheorghiu, I. S.: *Maşini electrice (probleme), vol. III* (Recenzie: Bunea, V.)

1—2, 72—73

CZ 621.313

5. 16. Kozlov, M. E.: *Mecanizarea lucrărilor de bobinaj şi de izolaţie la fabricarea maşinilor electrice* (Recenzie: Bercu, A.)

11, 430

CZ 621.313

5. 17. Petrov, N. G.: *Maşini electrice, partea a II-a* (Recenzie: Nedelcu, V.N.)

12, 476—477

CZ 621.313.045.1.002.2 (021)

5. 18. Zakheim, N. A.: *Condensatoare electrolitice* (Recenzie: Bercu, A.)

11, 431

CZ 621.313.1 (022)

5. 19. Sand, M.: *Maşini electrice speciale, vol. I* (Recenzie: Corlăţeanu, V.)

8, 307—308

CZ 621.313.181.2 : 621.3.048

5. 20. Meyer, H.: *Izolarea maşinilor electrice mari* (Recenzie: Bercu, A.)

7, 271—272

CZ 621.313.2.001.24

5. 21. Loutzky, S: *Calculul practic al maşinilor electrice de curent continuu* (Recenzie: Bichir, N.)

10, 401—402

CZ 621.313.2.047.2.002/004

5. 22. Lăzăroiu, D. F. şi Cotta, Al.: *Colectoarele maşinilor electrice. Construcţie, întreţinere şi reparare.* (Recenzie: Bahrin, I.)

11, 429—430

CZ 621.313 Maşini electrice

5. 23. 1—2 (1); 3(2); 5 (1); 6 (3); 7(2); 8(1); 9 (5); 10 (2); 11 (4); 12 (3)

6. CZ 621.314 Transformarea energiei electrice. Transformatoare. Convertizoare. Redresoare

CZ 621.314.212.014.32

6. 1. Cîrstea, D.: *Determinarea experimentală a forţelor axiale în transformatoarele de putere*

7, 241—249

CZ 621.314

6. 2. Baciurin, N. I.: *Transformatoare de curent* (Recenzie: Bercu, A.)

CZ 621.314.223 : 621.314.2.027.7/8

6. 3. *Comunicări cu privire la autotransformatoare şi transformatoare de mare putere şi înaltă tensiune* (Cronică: Bădescu, A.)

4, 154—156

CZ 621.314.2 Transformatoare

6. 4. 3 (1); 4(4); 7(2); 9(7); 11(2)

7. CZ 621.315 Transmisia energiei electrice. Linii aeriene. Cabluri subterane. Conductoare. Materiale izolante

CZ 621.315.33.045.12 : 621.315.612.7.002.2

7. 1. Giurcanu, C.: *Contribuţii la procesul de tratament termic (polimerizare) la emailarea conductoarelor*

7, 250—258

CZ 621.315.43.002.3

7. 2. Lică, V.: *Realizări şi perspective în fabricaţia conductoarelor de bobinaj, izolate cu emailuri sintetice*

8, 294—304

CZ 621.315.573.064.33.002.4

7. 3. Barbu, I.: *Proiectarea şi realizarea unui scurtcircuitor de 30 kA, 500 V*

9, 341—349

CZ 621.315.6.001.5

7. 4. Nicolae, M. şi Nedescu, A.: *Noi materiale electroizolante produse în R.P.R.*

1—2, 54—58

CZ 621.315.6.027.718 : 551.585.53/55

7. 5. Burdulea, C.: *Comportarea materialelor izolante utilizate în construcţia maşinilor şi aparatelor electrice de înaltă tensiune, în condiţiile climatului tropical umed*

9, 331—341

CZ 621.315.616.96.048.81.002.3

7. 6. Burdulea, C.: *Proprietăţile răşinilor epoxidice de turnare*

10, 383—392

CZ 621.315.619.3.017.73.002.2

7. 7. Nicola, Gr. şi Şonfelean, M.: *Noi tipuri de prafuri de presare cu înaltă stabilitate termică şi bune proprietăţi mecanice pentru scopuri electrotehnice*

11, 413—420

CZ 621.315.624.4 : 621.315.612.6.003 : 621.315.1.027.6/7

7. 8. Mihăilescu, H.: *Despre eficienţa economică a fabricării şi folosirii în ţară, în liniile de înaltă tensiune, a izolatoarelor de suspensie cu cape din sticlă călită*

10, 392—400

CZ 621.315.6

7. 9. Breitveit, V. K., Koritzkii, V. I., Kulakova, V. R. şi Sokolova, L. S.: *Producerea, caracteristicile şi domeniile de folosire a hîrtiilor şi cartoanelor electroizolante* (Recenzie: Bercu, A.)

9, 350

CZ 621.315.61 : 621.316.57 : 621.314.224.3

7. 10. Koroviakovski, I. G.: *Materiale electroizolante folosite în construcţia întreruptoarelor şi a transformatoarelor de măsură de înaltă tensiune* (Recenzie: Bercu, A.)

4, 150—151

CZ 621.315.614.64 : 621.312.027.8

7. 11. Greisuh, A. M., Kucinskii, S. C., Kaplan, A. D. şi Messerman, T. G.: *Izolaţia hîrtiei ulei în construcţia echipamentului de înaltă tensiune* (Recenzie: Bercu, A.)

6, 237—238

CZ 621.315.616 : 621.312

7. 12. Vardenborg, K. A.: *Materiale plastice folosite în industria electrotehnică* (Recenzie: Bercu, A.)

9, 350—351

CZ 621.315.2/4 Conducte electrice

7. 13. 6 (2); 9(1)

CZ 621.315.6 Izolanţi

7. 14. 4(1); 7(2); 11(3); 12(4)

8. CZ 621. 316 Distribuţia energiei electrice. Reţelele de distribuţie. Deschiderea şi închiderea circuitelor. Reglarea mărimilor electrice. Protecţia aparatelor

CZ 621.316.542.001.2
8. 1. Avramescu, A.: *Progrese tehnice în construcţia aparatelor de conectare de joasă tensiune*
3, 81—91

CZ 621.316.549.064.25 : 621.316.952.44
8. 2. Predoi, C. A. şi Oncică, D.: *Evoluţia construcţiei contactoarelor în ulei de joasă tensiune, cu relee termice*
3, 91—103

CZ 621.316.549.064.33
8. 3. Tomoiagă, R. şi Goldenberg, S.: *Contribuţii la proiectarea elementelor cinematice ale contactoarelor*
3, 104—117

CZ 621.316.57.064.25 + 31
8. 4. Cîrstea, D., Mathé, B., Ogrezeanu, St., Pănoiu, A. şi Tudorache, C.: *Studii privind capacitatea de comutaţie a întreruptorului IUP—110 în condiţii de laborator şi reţea (I)*
4, 132—142

CZ 621.316.57.064.3
8. 5. Cîrstea, D., Mathé, B., Ogrezeanu, St., Pănoiu, A. şi Tudorache, C.: *Studii privind capacitatea de comutaţie a întreruptorului IUP—110 în condiţii de laborator şi de reţea (II). Încercări de reţea*
5, 172—182

CZ 621.316.722.1—523.2 : 621.313.3—82
8. 6. *Regulatoare automate de tensiune şi putere reactivă pentru hidrogeneratoare* (Notă: Finţescu D.)
8, 305

CZ 621.316.5/9
8. 7. Babikov, A. M.: *Aparate electrice. vol. III* (Recenzie: Truşcă, V.)
5, 196—197

CZ 621.316 Reţele de distribuţie
8. 8. 4(2); 6(1); 10(1); 12(2)

9. CZ 621.317 Tehnica măsurilor electrice. Aparate de măsură

CZ 621.317.333.6.017.21.035.2
9. 1. Berinde, V.: *Influenţa electrozilor folosiţi la determinarea permitivităţii şi tangentei unghiului de pierderi ale materialelor plastice*
11, 420—422

CZ 621.317.333.82.012.7 : 621.315.624.5.027
9. 2. Popescu, Ch.: *Determinarea caracteristicii de impuls tensiune-timp a izolatoarelor de înaltă tensiune*
4, 142—148

CZ 621.317.384.017.7 : 538.632
9. 3. Fränkel, D. şi de Sabata, I.: *Măsurarea pierderilor prin efect Joule-Lenz în reţele trifazate cu generator Hall*
8, 306—307

CZ 621.317.714.088.7 : 621.314.224.3
9. 4. Millea, A. şi Gruia, N: *Instalaţie de înaltă precizie pentru etalonarea transformatoarelor de curent*
5, 189—196

CZ 621.317.727
9. 5. Hortopan, Gh. *Calculul divizorului de tensiune rezistiv ecranat*
3, 117—118

CZ 621.317 Măsurări electrice
9. 6. 3(1); 9(1); 12(3)

10. CZ 621.318 Aplicaţii industriale ale magnetismului şi magneţilor. Electromagneţi. Relee

CZ 621.318.1 : 538.541.082
10. 1. Nicolaide, A.: *Analiza neliniară a propagării cîmpului electromagnetic în piese feromagnetice*
9, 320—330

CZ 621.318.22 : 538.652 : 621.372.421.13
10. 2. Friedman, Al.: *Ferite magnetostrictive*
11, 423—428

CZ 621.318.22 : 669.14.018.583
10. 3. Băltănoiu, M. şi Sontea, S.: *Metode metalografice aplicate la controlul calităţii tablelor silicioase*
7, 265—268

CZ 621.318.33.013.22 : 539.165.2
10. 4. Indreaş, Gr. şi Rylstew, P. I.: *Determinarea poziţiei suprafeţei mediane la electromagneţii cu simetrie axială*
9, 317—320

CZ 621.318.35 : 621.316.549.001.24
10. 5. Engher, E. şi Tomoiagă, R: *Cu privire la parametrii de proiectare a electromagneţilor de acţionare a contactoarelor de curent alternativ*
7, 259—265

CZ 621.318.4.012.8.027.5
10. 6. Bercu, A.: *Schema interioară optimă de conexiuni pentru condensatoarele de forţă de medie tensiune*
6, 213—218

CZ 621.318.1/3 Materiale magnetice. Magneţi. Electromagneţi
10. 7. 4(2); 7(3); 11(3); 12(1)

11. CZ 621. 319 Condensatoare

CZ 621.319.42.016.25
11. 1. Checiulescu, M.: *Baterii de condensatoare cu elemente tipizate pentru compensarea energiei reactive în reţelele de joasă şi medie tensiune din R.P.R.*
6, 218—227

CZ 621.319.52 : 621.359.4
11. 2 *Echipament electric pentru electrofiltre* (Notă: Laudă, Gh. şi Ştefănescu, F.)
1—2, 68—70

CZ 621.319.4
11. 3. Dummer, A. W. G. şi Nordenberg, M. H.: *Condensatoare de capacităţi fixe şi variabile* (Recenzie: Bercu, A.)
7, 272—273

CZ 621.319.4 Condensatoare
11.4. 9(1); 11(3)

12. CZ 621.372 Propulsia dirijată a oscilaţiilor electrice

CZ 621.372
12. 1. *Seria unitară de amplificatoare magnetice de putere* (Notă: Finţescu, D.)
1—2, 67—68

CZ 621.372.2.011.1 : 512.831
12. 2. Potolea, E.: *Ecuaţiile matriciale ale reţelelor electrice*
11, 405—412

CZ 621.372.011.1 : 512.831
12. 3. Potolea, E.: *Metode de rezolvare a ecuaţiilor matriciale ale reţelelor electrice*
12, 445—457

CZ 621.372.542.2.018.7
12. 4. Bălă, V. C.: *Dimensionarea filtrelor rezonante pentru receptoarele de putere inductive şi deformante*
6, 205—213

CZ 621.372.41.011.1.001.24 : 537.62
12. 5. Kron, G. *Diakoptics* (Recenzie: Rothman, A.)
11, 413—432

13. CZ 621.527 Ejectoare de aer

CZ 621.527.7.004.13 : 546.15
13. 1. *Principiul de funcţionare a lămpilor cu incandescenţă cu vapori de iod* (Notă: Savopol, D.)
1—2, 71

INDEX ALFABETIC DE AUTORI

A

Antohi, C. : 5.3
Atanasiu, Gh. : 3.2
Avramescu, A : 1.2, 1.4, 3.3, 3.7, 3.10, 4.6, 8.1

B

Bahrin, I. : 5.22
Bălă, V. C. : 12.4
Barbu, I. : 7.3
Babuţia, I. : 5.9
Bădescu, A. : 4.8, 6.3
Băltănoiu, M. : 10.3
Bărcănescu, V. : 5.3
Berberian, A. : 4.4
Bercu, A. : 5.4, 5.16, 5.18, 5.20, 6.2, 7.9, 7.10, 7.11, 7.12, 10.6, 11.3
Berinde, V. : 9.1
Bichir, N. : 5.21
Bunea, V. : 1.10, 4.4, 5.1, 5.15
Burdulea, C. : 7.5, 7.6

C

Carabulea, A. : 2.2
Ceacoveanu, I. : 5.5
Checiulescu, M. : 11.1
Ciofu, V. : 1.5
Cîmpeanu, A. : 5.6
Cîrjan, E. : 5.10
Cîrstea, D. : 6.1, 8.4, 8.5
Constantinescu, E. : 1.8, 1.9
Corlăţeanu, V. : 5.19
Cotta, Al. : 5.22
Crăciunescu, V. : 5.9
Cristea, N. : 5.7

D

De Sabata, I. : 9.3
Drăgănescu, O. : 5.5

E

Engher, E. : 10.5

F

Finţescu, D. : 8.6, 12.1
Fluerăşu, S. : 5.1
Fränkel, D. : 9.3
Friedman, Al. : 10.2
Furtunescu, E. : 5.3

G

Galbenu, Gh. : 5.5
Ghiţă, N. : 4.2
Giurcanu, C. : 7.1
Goldenberg, S. : 8.3
Grozea, L. : 1.6
Gruia, M. : 9.4

H

Heinrich, A. : 4,3
Hortopan, Gh. : 1.5, 9.5
Hortopan, V. : 3.5

I

Indreaş, Gr. : 10.4

L

Laudă, Gh. : 11.2
Lăzărescu, I. : 5.14
Lăzăroiu, F. D. : 4.5
Lefter, V. : 5.11
Lică, V. : 7.2
Liuba, V. : 5.11

M

Mathé, B. : 8.4, 8.5
Mihăilescu, H. : 7.8
Millea, A. : 9.4

N

Nedelcu, V. N. : 5.8, 5.17
Nedescu, A. : 7.4
Nicoară, P. : 5.9
Nicola, Gr. : 7.7
Nicolae, M. : 7.4
Nicolaide A. : 5.6, 10.1
Nowomiejski, Z. : 3.9

O

Ogrezeanu, St. : 8.4, 8.5
Oncică, D. : 8.2

P

Pănoiu, A. : 8.4, 8.5
Pascal, P. : 5.3
Perlea, A. M. : 5.4
Popescu, Cr. : 9.2
Popovici, Al. : 5.9
Popovici, V. : 4.3
Pololea, E. : 12.2, 12.3
Predoi, C. A. : 8.2

R

Rothman, A. : 3.4, 12.5
Răduleţ, R. : 1,3, 1.5
Ryltsew, P. I. : 10.4

S

Saviuc, V. : 5.12
Savopol, D. : 13.1
Segal, S. : 4.4
Stamate, S. : 5.5
Stoica, D. : 1.1, 1.14
Şonfelean, M. : 7.7
Şontea, S. : 10.3
Şora, I. : 5.13
Ştefănescu, F. : 11.2

T

Tatu, Gh. : 5.9
Titz, Gh. : 3.11
Tomoiagă, R.R. : 5.14, 8.3, 10.5
Truşcă, V. : 8.7
Tudorache, C. : 8.4, 8.5
Tuzu, C. : 2.1

V

Vascan, Th. : 5.2
Vlădoianu, R. : 4.7

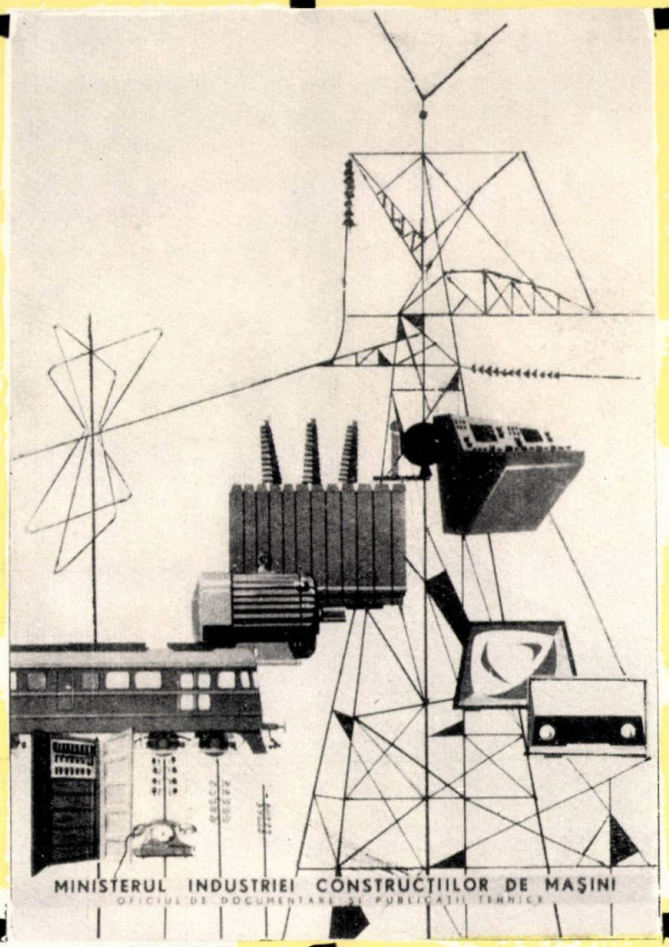
ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

Întreprinderea Poligrafică „Informația", str. Brezoianu 23—25 — București, c. 4980

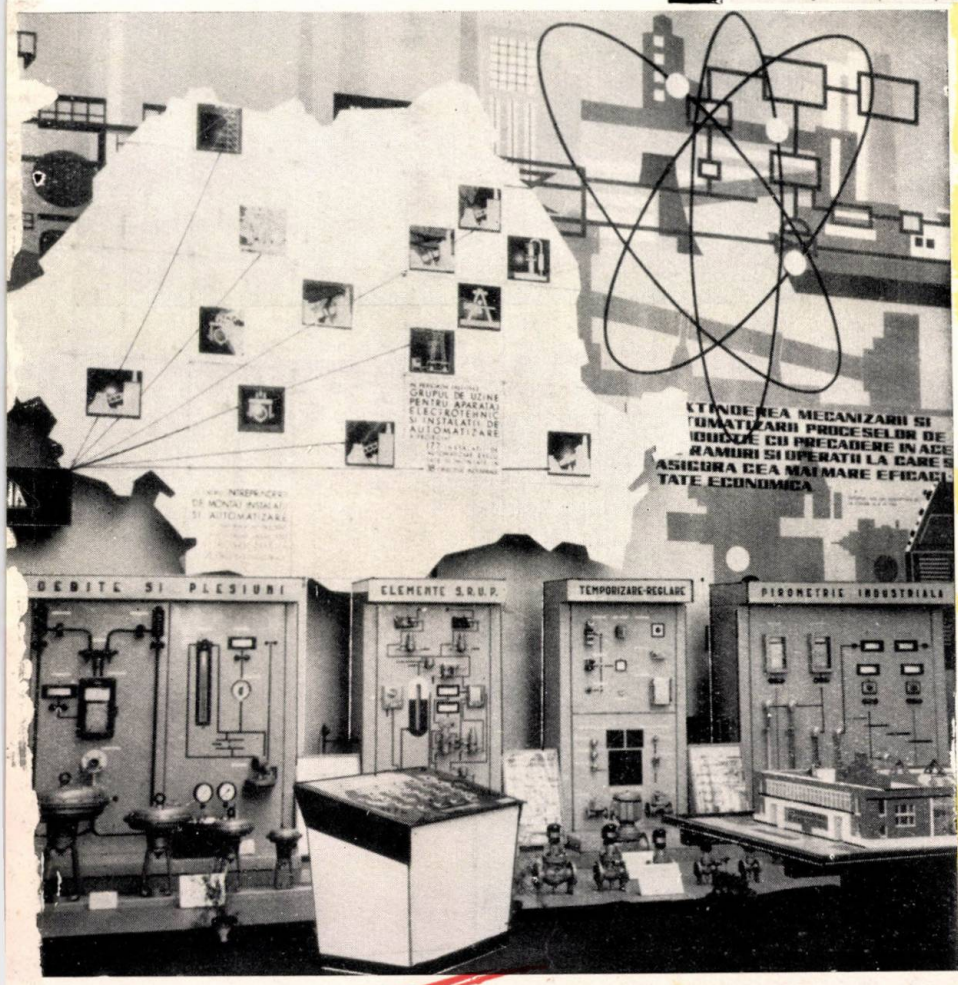
EXPOZITIA

15 ANI

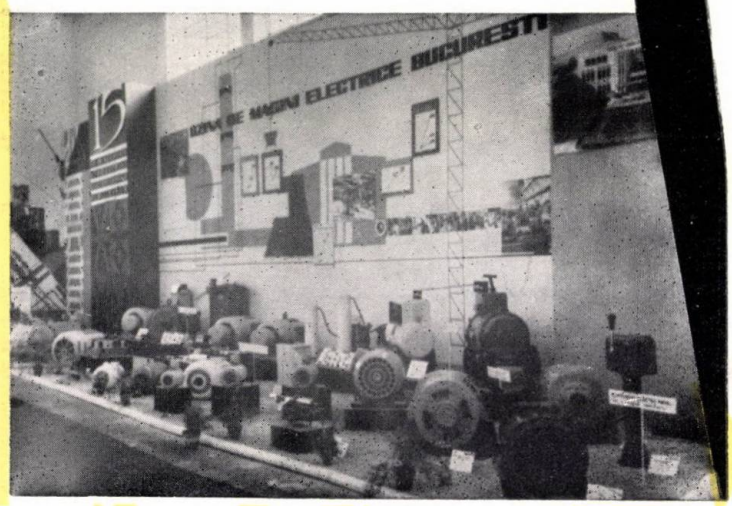
DE LA
INFIINTAREA
INDUSTRIEI
ELECTROTEHNICE
DIN R.P.R.



MINISTERUL INDUSTRIEI CONSTRUCTIILOR DE MAŞINI
OFICIUL DE DOCUMENTARE SI PUBLICATII TEHNICE

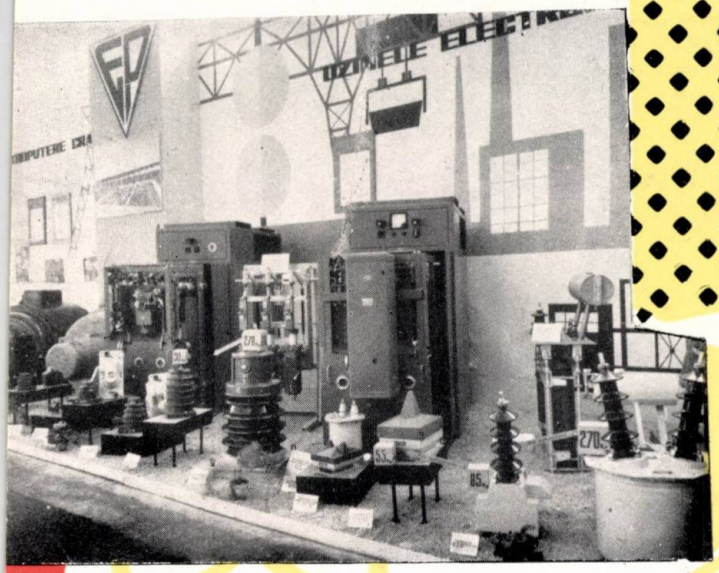


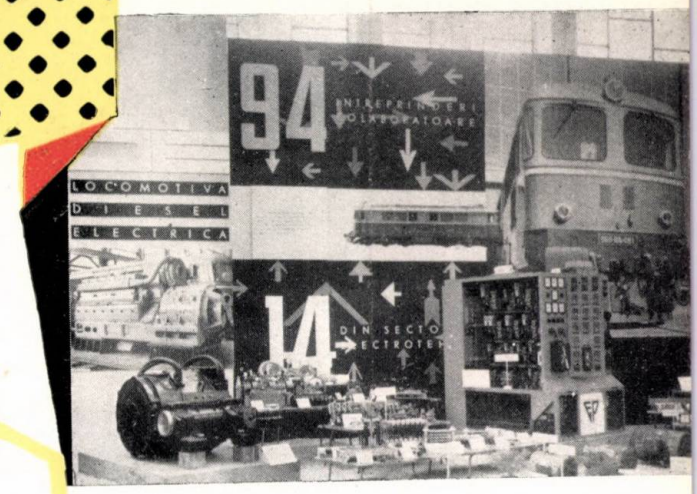
MICM



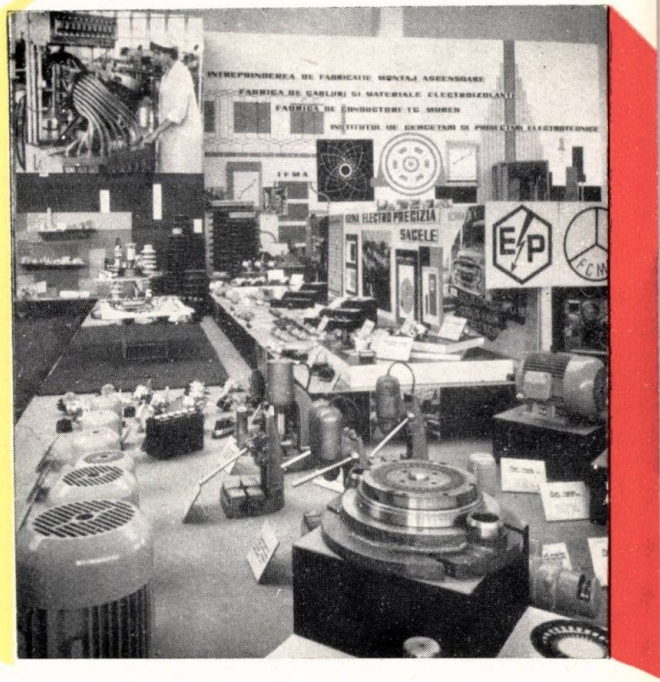
IMIA

CNCPE



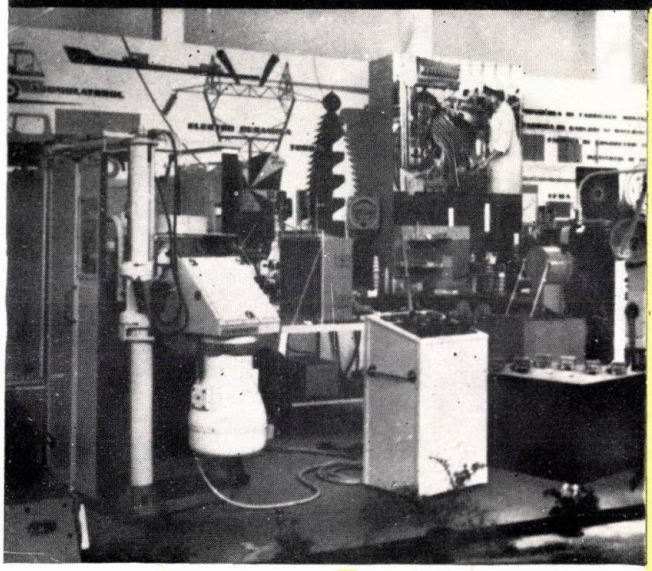

94
LOCOMOTIVA
DIESEL
ELECTRICA

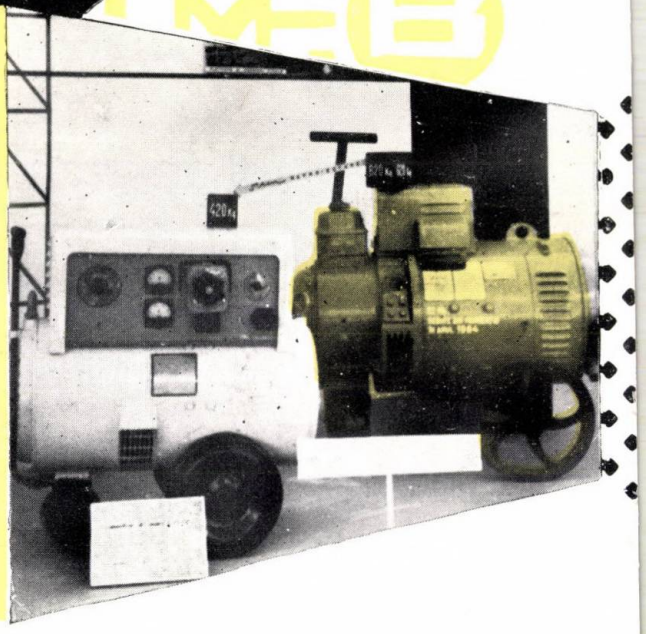
ACUMULATOARE
ELECTROAPARATAJ

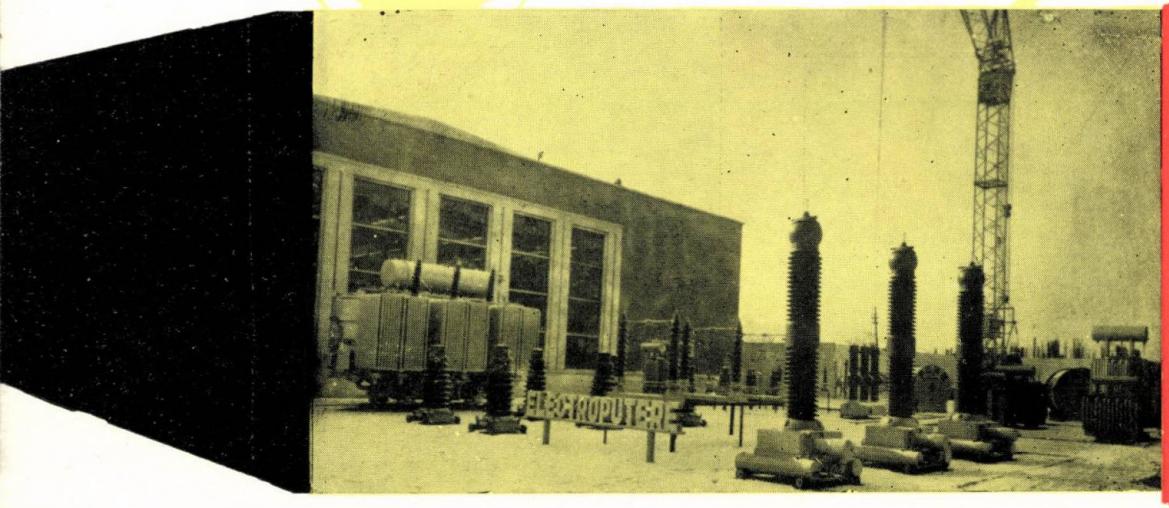

INTREPRINDEREA DE FABRICATIE MONTAJ ASCENSOARE
FABRICA DE CABLURI SI MATERIALE ELECTROIZOLANTE
FABRICA DE CONDUCTORI TC MURES
INSTITUTUL DE CERCETARI SI PROIECTARI ELECTROTEHNICE
IFMA
UZINA ELECTROPRECIZIA
SACELE

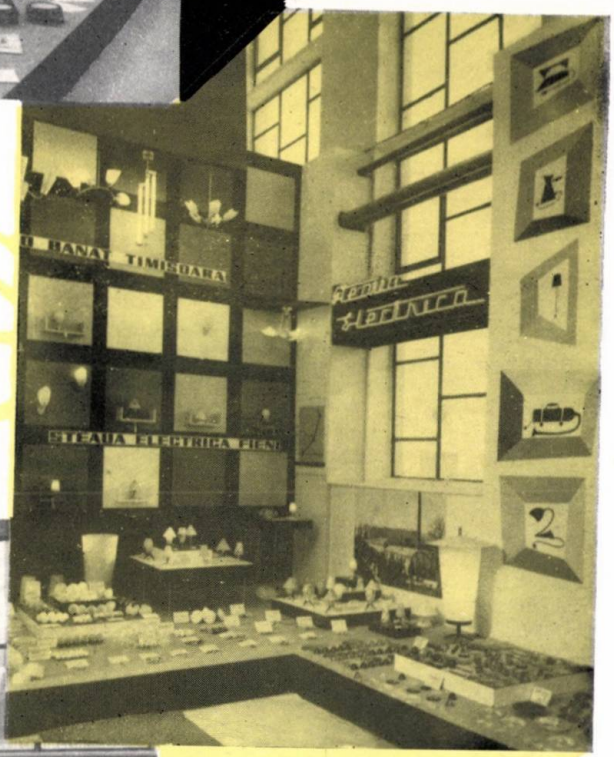
IFMA
UZINA ELECTROPRECIZIA
SACELE

INTREPRINDEREA DE FABRICATIE MONTAJ ASCENSOARE
FABRICA DE CABLURI SI MATERIALE ELECTROIZOLANTE
FABRICA DE CONDUCTORI TC MURES
INSTITUTUL DE CERCETARI SI PROIECTARI ELECT
IFMA

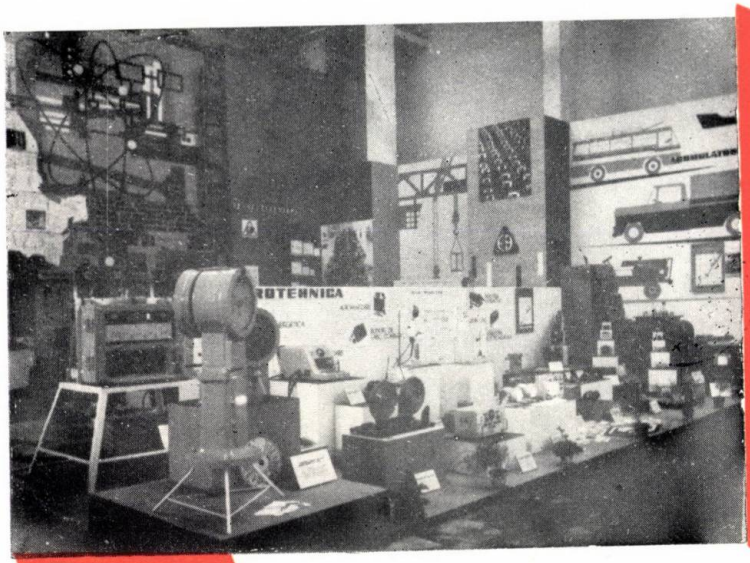





ELECTROPUTERE


BANAT TIMIȘOARA

ELECTRO MOTOR
TIMIȘOARA



IPRS

ELECTROTEHNICA

Organ al Ministerului Industriei Construcţiilor de Maşini şi al Consiliului naţional al inginerilor şi tehnicienilor din R.P.R.

Anul 12 nr. **1–2** ianuarie—februarie 1964 Bucureşti

* * *	**15 ani de industrie electrotehnică.**	**15-летие электротехнической промышленности.**	**15 Jahre elektrotechnische Industrie.**	1
N. GHIŢĂ :	**Industria electrotehnică din R.P.R., creaţie a regimului de democraţie populară.**	**Румынская электротехническая промышленность — одно из достижений народно-демократического строя.**	**Die elektrotechnische Industrie in R.V.R., die Schöpfung des volksdemokratischen Regims.**	3
R. VLĂDOIANU :	**Ridicarea nivelului tehnic şi calitativ al producţiei electrotehnice.**	**Повышение технического и качественного уровня электротехнической продукции.**	**Zunahme des technischen und qualitativen Niveaus der elektrotechnischen Erzeugung.**	7
A. AVRAMESCU :	**Activitatea de cercetare, factor important în ridicarea nivelului tehnic al industriei electrotehnice.**	**Исследовательская деятельность—важный фактор в деле повышения технического уровня электротехнической промышленности.**	**Die Untersuchungstätigkeit, wichtiger Faktor die Erhöhung des technischen Niveaus der elektrotechnischen Industrie betreffend.**	15
V. POPOVICI şi AL. HEINRICH :	**Realizări tehnice deosebite la uzinele „Electroputere" — Craiova.**	**Важнейшие технические достижения Крайовского завода „Электропутере".**	**Besondere technische Erzeugnisse in dem „Electroputere" Werk Craiova.**	27
D. LĂZĂROIU :	**Introducerea proceselor tehnologice moderne la uzinele „Electronica" — Bucureşti.**	**Внедрение новейших технологических процессов на заводе "Электроника"**	**Die Einführung der modernen Herstellungstechnik bei dem „Electronica" Werk Bukarest.**	39
S. SEGAL, V. BUNEA şi AL. BERBERIAN :	**Progresul tehnic la Uzina de maşini electrice — Bucureşti.**	**Технический прогресс на Бухарестском электромашинном заводе.**	**Der technische Fortschritt in der Fabrik für elektrische Maschinen Bukarest.**	47
M. NICOLAE şi A. NEDESCU :	**Noi materiale electroizolante produse în R.F.R.**	**Новые электроизоляционные материалы, выпускаемые в РНР.**	**Neue elektroisolierende Materialien die in R.V.R. erzeugt werden.**	54
V. LEFTER şi V. LIUBA :	**Seria nouă unitară de motoare asincrone de 0,8—100 kW.**	**Новая единая серия трехфазных асинхронных двигателей на 0,8—100 кв.**	**Die neue einheitliche Serie von Asynchrondrehstrommotoren.**	59
	NOI PRODUSE ELECTROTEHNICE	НОВЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ	NEUE ELEKTROTECHNISCHE ERZEUGNISSE	67
	NOTĂ	ЗАМЕТКИ	NOTE	72
	RECENZII	РЕЦЕНЗИИ	BUCHBESPRECHUNGEN	73
	REFERATE	РЕФЕРАТЫ	REFERATE	76
	INVENŢII	ИЗОБРЕТАТЕЛЬСТВО	ERFINDUNGEN	77
	CRONICĂ	ХРОНИКА	CHRONIK	80

* * *	15 ani de industrie electrotehnică.	15 ans d'industrie électrotechnique.	15 years of electrotechnical industry.	1
N. GHIȚĂ :	Industria electrotehnică din R.P.R., creație a regimului de democrație populară.	L'industrie électrotechnique roumaine, création du régime de démocratie populaire.	The electrotechnical industry of the R.P.R., a creation of the people's democracy.	3
R. VLĂDOIANU :	Ridicarea nivelului tehnic și calitativ al producției electrotehnice.	Élévation du niveau technique et qualitatif de la production électrotechnique.	Raising the technical and qualitative level of electrotechnical products.	7
A. AVRAMESCU :	Activitatea de cercetare, factor important în ridicarea nivelului tehnic al industriei electrotehnice.	L'activité de recherche, facteur important de l'élévation du niveau technique dans l'industrie électrotechnique.	The research activity as an important factor in raising the technical level of the electrotechnical industry.	15
V. POPOVICI și AL. HEINRICH :	Realizări tehnice deosebite la uzinele „Electroputere"-Craiova.	Réalisations techniques notables aux usines „Electroputere" de Craiova.	Outstanding technical achievements at the „Electroputere" Works in Craiova.	27
D. LĂZĂROIU :	Introducerea proceselor tehnologice moderne la uzinele „Electronica"-București.	L'introduction des processus technologiques modernes dans les usines „Electronica" de Bucarest.	The introduction of modern technological processes at the „Electronica" Works in Bucharest.	39
S. SEGAL, V. BUNEA și AL. BERBERIAN :	Progresul tehnic la Uzina de mașini electrice-București.	Le progrès technique à l'Usine de machines électriques de Bucarest.	Technical progress at the Electric Machine Works in Bucharest.	47
M. NICOLAE și A. NEDESCU :	Noi materiale electroizolante produse în R.P.R.	Nouveaux matériels isolants électriques produits en Roumanie.	New electroinsulating materials produced in the R.P.R.	54
V. LEFTER și V. LIUBA :	Seria nouă unitară de motoare asincrone de 0,8—100 kW.	La nouvelle série unitaire de moteurs asynchrones de 0,8—100 kW.	The new unitary series of 0,8—100 kW asynchronous motors.	59
	NOI PRODUSE ELECTROTEHNICE	NOUVEAUX PRODUITS ÉLECTROTECHNIQUES	NEW ELECTROTECHNICAL PRODUCTS	67
	NOTĂ	NOTE	NOTE	72
	RECENZII	COMPTES RENDUS	REVIEWS	73
	REFERATE	EXTRAITS	ABSTRACTS	76
	INVENȚII	INVENTIONS	PATENTS	77
	CRONICA	CHRONIQUE	CHRONICLE	80

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.

Anul 12 nr. 1—2 București, ian.—feb. 1964

15 ani de industrie electrotehnică

CZ 621.312 (498)

S-au împlinit 15 ani de cînd tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej, prim secretar al C. C. al P.M.R. și președinte al Consiliului de Stat al R.P.R., a inaugurat lucrările de pe șantierul primei fabrici electrotehnice din țara noastră — Uzina de mașini electrice-București — prim pas în acțiunea de realizare a industriei noastre electrotehnice. Importanța și necesitatea dezvoltării industriei electrotehnice au fost subliniate, în mod deosebit, în raportul cu privire la planul de electrificare, în care se arăta că electrificarea necesită crearea unei baze proprii industriale pentru producerea mașinilor electrice și a aparaturii respective și că cea mai însemnată parte din necesarul de utilaje și mașini va trebui produsă în țară, în care scop industria electrotehnică va lua o mare dezvoltare. Pe baza acestei linii generale de dezvoltare, în anii ce au urmat s-a desfășurat, prin grija partidului, o acțiune continuă de construire și de dezvoltare a numeroase fabrici, bine organizate și dotate cu o tehnică avansată.

Creșterea continuă a capacităților de producție a făcut ca în anul 1963 să se realizeze o creștere a volumului de producție de 3,2 ori, în comparație cu producția anului 1959, față de o creștere de 2,5 ori, cît se prevedea în Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. pentru anul 1965, iar productivitatea muncii să crească necontenit, înregistrînd în anul 1963 o creștere de 2,4 ori, față de anul 1955. Ritmul anual de creștere a producției a fost de 19% în cursul celui de-al II-lea plan cincinal și de 31% în primii 4 ani ai planului de șase ani, iar ponderea ei în totalul industriei a crescut mereu, ajungînd de la 0,8%, cît reprezenta în anul 1950, la 1,4% în anul 1955 și peste 3% în anul 1963. Datorită acestei dezvoltări, industria electrotehnică a adus o contribuție deosebită la îndeplinirea înainte de termen a planului de electrificare și la dezvoltarea în ansamblu a economiei naționale.

Înzestrarea acestei ramuri industriale cu tehnica cea mai avansată și cu o bază proprie de cercetări și proiectări, bine utilată, care dispune de un puternic corp de specialiști, completată cu acțiunea de ridicare continuă a calificării cadrelor din producție, s-a reflectat în creșterea deosebit de importantă a numărului de sortimente asimilate, de complexitate și nivel tehnic ridicat.

În prezent, industria electrotehnică are o gamă de produse foarte variate, de la instalații complexe diferite și echipamente electrice pînă la bunuri de larg consum, ca: aparate de radio și televizoare, aparate electrotehnice de uz casnic etc., toate la un nivel tehnic modern și într-o formă de prezentare care satisface, în măsură din ce în ce mai mare, cele mai exigente cerințe. Permanenta preocupare pentru ridicarea nivelului tehnic și a calității produselor, ilustrată și de faptul că în anul 1963 peste 90% din producție a fost alcătuită din sortimente noi sau modernizate față de cele fabricate în cursul anului 1959, a făcut ca o serie de produse electrotehnice să fie din ce în ce mai solicitate pe piața mondială, unde țara noastră și-a creat un frumos prestigiu.

Directivele Congresului al III-lea al P.M.R., care prevăd ridicarea nivelului tehnic și introducerea automatizării în toate ramurile economiei, au pus în fața industriei electrotehnice sarcini noi, deosebit de importante.

Colectivele de muncitori, ingineri și tehnicieni din industria electrotehnică au întîmpinat cea de-a 15-a aniversare, cu realizări deosebite. Creșterea producției de 2,5 ori în comparație cu anul 1959, prevăzută în Directive pentru anul 1965, a fost depășită încă din anul 1962, cînd s-a obținut o producție de 3,2 ori mai mare față de anul 1959.

Realizările obținute demonstrează că sarcinile stabilite au la bază o temeinică analiză științifică a posibilităților și exprimă hotărîrea colectivelor de muncitori, ingineri și tehnicieni, cum și a celorlalte cadre din acest sector, de a lupta cu și mai mare entuziasm pentru îndeplinirea și depășirea planului de șase ani și a programului de dezvoltare în perspectivă a economiei naționale, în care industria electrotehnică are un rol important.

Industria electrotehnică din R.P.R.—creație a regimului de democrație populară

N. Ghiță
Adjunct al ministrului Industriei Construcțiilor de Mașini

CZ 621.312(498)

În noiembrie 1963, constructorii de mașini, aparate și instalații electrice din R.P.R. au sărbătorit 15 ani de activitate în cadrul economiei noastre socialiste în plin progres. În noiembrie 1948, tovarășul prim secretar al C.C. al P.M.R. Gheorghe Gheorghiu-Dej a deschis lucrările de investiții la prima fabrică de mașini electrice, astăzi Uzina de mașini electrice din București.

Sectorul electrotehnic a fost complet neglijat în țara noastră în timpul regimului burghezo-moșieresc, cînd produsele respective se importau. În anii regimului de democrație populară s-a acordat importanța cuvenită acestui sector al economiei, o dată cu dezvoltarea în mod impetuos a întregii industrii socialiste și, cu prioritate, a pivotului său, industria constructoare de mașini. La naționalizarea principalelor mijloace de producție, în anul 1948, în ramura electrotehnică existau numai ateliere de reparații sau de serii mici care, cu mijloace rudimentare, executau comenzi disparate.

Creșterea producției electrotehnice

În anul 1950, în raportul asupra planului de electrificare a țării, tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej arăta :

„Electrificarea necesită crearea unor baze proprii industriale pentru producerea mașinilor electrice și a aparaturii respective. Cea mai însemnată parte din necesitățile de utilaj și mașini va trebui produsă în țară. În acest scop, industria electrotehnică va lua o mare dezvoltare". Printre măsurile stabilite se indicau : înființarea, la Craiova, a fabricii „Electroputere", dezvoltarea celor trei fabrici de motoare, care s-au organizat după naționalizare, înființarea unei fabrici de aparataj de joasă tensiune, a unei fabrici de conductoare și cabluri, a unei fabrici de materiale izolante, a unei fabrici de radio și electronică, a unei fabrici de izolatoare ceramice, dezvoltarea fabricii de aparataj telefonic și crearea unui institut de cercetări. În același raport, tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej arăta : „După instalarea și punerea în funcțiune a tuturor acestor fabrici, industria noastră electrotehnică va fi în măsură să producă cea mai mare parte din utilajul electric necesar electrificării, precum și produse de larg consum în domeniul electrotehnic".

În primul cincinal s-au realizat lucrări capitale importante la fabricile „Electroputere", „Electroaparataj", „Electroizolantul", „Dinamo" (astăzi Uzina de mașini electrice—București), „Electroprecizia" și altele, unde s-au construit hale moderne, s-a început dotarea cu utilaje de mare productivitate, s-a organizat producția de serie. La finele primului cincinal, întreprinderile electrotehnice dispuneau de o bază tehnică materială proprie, se produceau numeroase sortimente noi, printre care transformatoare pînă la 5 600 kVA, motoare pînă la 1 000 kW, aparate de înaltă și joasă tensiune, numeroase bunuri de consum electrotehnice. Organizarea proceselor de fabricație, a pregătirii tehnice și normării, înzestrarea fabricilor cu standuri de probă și cu laboratoare, ridicarea calificării cadrelor, avîntul creator al oamenilor muncii, care au realizat numeroase inovații și raționalizări, au determinat un progres important în nivelul tehnic și în organizarea uzinelor electrotehnice.

În raportul de activitate a C.C. la Congresul al II-lea al P.M.R. s-a arătat că :

„Industria electrotehnică a devenit o puternică ramură a industriei grele, cu fabrici profilate, iar productivitatea muncii a crescut cu 122%, față de 1950, atingînd cea mai înaltă creștere dintre toate ramurile industriei noastre".

La Congresul al III-lea al P.M.R., în cadrul bilanțului înfăptuirilor poporului muncitor, a fost subliniată realizarea planului de producție în patru ani, în loc de cinci, la motoare electrice și la transformatoare.

Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. prevăd ca, în 1965 producția electrotehnică să atingă un nivel de 2,5 ori față de 1959, corespunzător cerințelor de electrificare în continuare a industriei și nevoilor celorlalte ramuri ale economiei naționale, precum și pentru acoperirea cerințelor de aparate electrotehnice de uz casnic.

Se prevedea lărgirea gamei de motoare de curent continuu, asimilarea de motoare pentru mașini-unelte și poduri rulante, mărirea sortimentului de aparataj și îmbunătățirea calității, acordarea unei atenții deosebite producției de elemente de automatizare. Se prevedea dezvoltarea producției de echipament electronic, a producției de locomotive Diesel electrice, care, în 1965, trebuie să ajungă la 95 bucăți pe an, precum și creșteri însemnate de producție la alte produse : la motoare electrice de 2,4 ori, la cabluri de forță de 4 ori, la aparate radio de 1,8 ori, iar la bunuri electrotehnice de consum de 3 ori, față de 1959.

La sfîrșitul anului 1963, al 15-lea an de activitate a industriei electrotehnice din R.P.R., colectivele uzinelor electrotehnice au îndeplinit și depășit sarcinile Congresului al III-lea al P.M.R. privind nivelul producției pe anul 1965, realizînd o producție de 3,2 ori mai mare față de 1959. În acest an s-au produs, față de 1959, de 2,4 ori mai multe motoare, de 2,9 ori mai multe transformatoare, de 3,1 ori mai multe cabluri și conductoare, s-a realizat a o suta locomotivă Diesel electrică cu echipament fabricat în țară.

Ritmul creșterii producției realizat de industria electrotehnică a fost deosebit de accentuat atingînd 31% în primii patru ani ai planului de șase ani, față de ritmul pe ramura construcțiilor de mașini, care a fost în această perioadă de 16,5%. Producția electrotehnică proprie a devenit în acești ani sursa aproape exclusivă de aprovizionare cu mașini și aparate a întregii economii. Ponderea industriei electrotehnice în cadrul ramurii construcțiilor de mașini a crescut de la 12,8% în 1959 la 20% în 1963. În tabela 1 se arată dimanica producției la principalele sortimente electrotehnice.

Contribuţia industriei electrotehnice la satisfacerea cerinţelor economiei naţionale

În raport cu variatele cereri şi exigenţe ale beneficiarilor, produsele au fost continuu modernizate, iar nomenclatorul întreprinderilor electrotehnice a fost mereu lărgit. În anul 1963, peste 90% din producţie a fost alcătuită din sortimente noi sau modernizate faţă de 1959.

Datorită măsurilor luate, de întărire a serviciilor tehnice şi creştere a capacităţii sculăriilor, numărul produselor noi puse anual în fabricaţie a crescut de la 80 în 1960, la circa 300 în 1962. Corespunzător cerinţelor realizării planului de electrificare s-a extins an de an producţia transformatoarelor de forţă, în anul 1963 realizîndu-se o creştere de 12 ori faţă de 1955. Sortimentul s-a extins pînă la puteri de 100 MVA şi tensiuni de 110 kV; s-a trecut la asimilarea seriei unitare de transformatoare cu tablă silicioasă laminată la rece. Uzina „Electroputere" livrează, curent, numeroase echipamente complete pentru staţii de transformare.

Industria electrotehnică participă cu succes la livrările complexe, asigurînd partea electrică pentru utilarea noilor fabrici construite în ţara noastră. Pentru construcţia noilor linii de ciment, a utilajelor chimice şi de rafinării, a cazanelor, furnalelor, fabricilor pentru industria alimentară etc., s-au realizat şi livrat maşini şi aparate electrice de construcţie corespunzătoare, avînd randamente ridicate şi un înalt grad de automatizare a proceselor de producţie, la nivelul tehnicii actuale. Se pot menţiona furniturile pentru noul furnal de 1 000 m³ de la Hunedoara, automatizarea complexă a cîmpurilor de sonde, a serelor, a noilor linii tehnologice pentru industria alimentară şi altele.

Pentru producţia de autocamioane şi tractoare se execută în ţară echipamentul electric complet. Transportul feroviar a fost înzestrat de industria electrotehnică cu locomotiva Diesel electrică de 2 100 CP, pentru trenurile de marfă, care la o viteză medie de 80 km/h dezvoltă o forţă de tracţiune de 22 t la cîrlig.

La asimilarea maşinilor şi echipamentului acestor locomotive au fost antrenate 94 de uzine ; printre acestea sînt şi 14 uzine electrotehnice care au asimilat 173 de produse. Menţionăm uzina „Electroputere", care realizează maşinile electrice principale, întreprinderea „Electroaparataj" care realizează contactoarele, „Electromagnetica" — releele şi controlerul de comandă, Uzina de maşini electrice din Bucureşti care livrează motoarele auxiliare. Tot pentru modernizarea transpor-

Tabela 1

	U/M	1955	1959	1960	1961	1962	1963
Motoare electrice	kW	100,0	343,4	410,1	518,2	656,1	839,8
Transformatoare	MVA	100,0	430,2	543,7	755,7	1 053,1	1 247,4
Cabluri şi conductoare	km	100,0	142,6	125,4	300,9	384,5	446,7
Aparataj automat de joasă tensiune	bucăţi	100,0	148,3	180,3	230,3	234,2	296,1
Aparate radio	bucăţi	100,0	186,6	186,6	235,4	281,1	290,7
Bunuri de consum electrotehnice	lei	100,0	192,0	228,0	354,0	500,0	650,0

turilor feroviare s-au asimilat instalaţii de semnalizare şi centralizare electrodinamice.

Pentru dezvoltarea telecomunicaţiilor s-au livrat centrale telefonice automate, sisteme tranzistorizate de curenţii purtători, cu 3 şi 24 căi, şi altele. Pentru toate ramurile economiei s-au livrat motoare electrice în sute de tipodimensiuni, producţia acestora sporind de 8,4 ori în 1963 faţă de 1955 şi de 2,2 ori faţă de 1959, aparataj a cărui producţie a crescut de 3 ori, cabluri şi conductoare, la care producţia a crescut de 4,7 ori faţă de anul 1955.

Prin efortul deosebit al colectivelor din uzine, mobilizate de organizaţiile de partid, s-a ajuns ca produsele electrotehnice să fie exportate în 24 de ţări, ele fiind solicitate din ce în ce mai mult pe piaţa internaţională. Exportul de produse electrotehnice a sporit în 1963 de 4,7 ori faţă de 1959.

În domeniul bunurilor de consum numai în 1961—1692 s-au asimilat peste 60 de sortimente noi.

În anul 1963 s-au produs patru tipuri de televizoare, iar numărul de aparate de radio realizate a crescut de 2,9 ori faţă de 1955. S-au pus în fabricaţie noi modele de aspiratoare de praf, fiare de călcat, lustre, ventilatoare de uz casnic etc. Livrările de produse electrotehnice de uz casnic au sporit de peste 5 ori în 1963 faţă de 1955.

Dezvoltarea uzinelor

În primii ani după naţionalizare, prin grija şi pe baza Directivelor partidului, s-a trecut la crearea şi organizarea industriei electrotehnice. Pentru aceasta s-a organizat proiectarea de uzine, folosind experienţa ţărilor avansate, documentarea şi informarea pe scară largă din ţară şi din străinătate.

Punînd în practică principiile specializării şi cooperării socialiste, întreprinderile electrotehnice s-au dezvoltat treptat pe baza unor profile bine stabilite pe grupe de produse cu construcţie şi tehnologie similară. În cadrul acestor dezvoltări s-a urmărit creşterea productivităţii şi realizarea de produse cu nivel tehnic ridicat, prin înzestrarea fabricilor şi secţiilor nou create cu utilaj modern, corespunzător celor mai noi realizări ale tehnicii.

S-a reuşit să avem fabrici specializate de maşini, transformatoare electrice, aparataj, cabluri, acumulatoare, becuri, aparataj de telecomunicaţii etc., dotate cu instalaţii specifice, cu compartimente de pregătire tehnică de specialitate. Producţia de maşini electrice, care se execută în patru fabrici, a fost repartizată între acestea după gabarite.

Arătăm mai jos felul în care, urmînd aceste principii de bază s-au dezvoltat unele dintre întreprinderile electrotehnice.

Lucrările de dezvoltare a capacităţilor de producţie au început prin construcţia fabricii „Dinamo", azi Uzina de maşini electrice—Bucureşti. A urmat apoi construcţia fabricilor „Electroprecizia"—Braşov, pentru motoare mici, şi „Electromotor"—Timişoara, pentru gabarite intermediare.

În primul cincinal s-a mai construit şi dat în funcţiune o fabrică de materiale electroizolante, care produce baza de materiale izolante pentru întreaga industrie electrotehnică. De asemenea, s-a organizat şi dezvoltat Fabrica de cabluri din Bucureşti. Ulterior, aceste două uzine au fost contopite formînd Fabrica de cabluri şi materiale electroizolante, care s-a dezvoltat continuu. În anul 1963 s-a dat în funcţiune o linie de cabluri de forţă din materiale plastice, de mare productivitate. S-a dotat cu maşini moderne trăgătoria de cupru, s-au adus extrudere de mare productivitate pentru materiale plastice, precum şi maşini moderne de cablat şi izolat.

Din 1950 a început organizarea fabricii „Electroputere"—Craiova, ca fabrică de maşini şi aparataj electric greu.

Pentru producţia de aparataj s-au construit şi se dezvoltă uzinele „Electroaparataj", care produc aparate automate şi neautomate de joasă tensiune şi aparataj de instalaţii. Fabricarea pieselor se realizează cu maşini automate, montajul majorităţii produselor se realizează pe benzi rulante de montaj. S-a dezvoltat, de asemenea, uzina „Electromagnetica" unde se execută echipamente de înaltă tehnicitate pentru telecomunicaţii şi transporturi. Menţionăm secţia modernă de redresoare cu seleniu, secţia de acoperiri metalice, dotate cu utilaje noi, secţiile de producţie de contoare, relee, sisteme de curenţi purtători, atelierul de turnare sub presiune.

O dezvoltare deosebită a cunoscut-o fabricarea de aparate de radio şi televizoare la uzina „Electronica". Dintr-o mică secţie numai de asamblare, s-a creat o uzină cu multe mii de salariaţi, care execută majoritatea reperelor şi subansamblurilor necesare pentru o producţie de 11,9 ori mai mare în anul 1963 faţă de 1955. Benzile moderne de montaj şi sporirea suprafeţelor de aproape patru ori în ultimii patru ani arată efortul deosebit făcut pentru această producţie. La întreprinderea „Acumulatorul", dezvoltarea a fost însoţită de crearea unor condiţii de muncă mult îmbunătăţite, care au dus la reducerea însemnată a îmbolnăvirilor profesionale foarte frecvente în trecut în producţia de acumulatoare. Printre fabricile complet noi, care au fost construite pentru a executa produse moderne, de tehnicitate ridicată, ce nu se produceau în trecut, citäm : noua fabrică de tuburi fluorescente şi lămpi cu vapori de mercur „Electrofar", dotată integral cu linii de fabricaţie dintre cele mai moderne.

Celelalte uzine au fost dotate, de asemenea, cu noi hale de fabricaţie, utilaje moderne, linii tehnologice de fabricaţie. Astfel, citäm secţia steatit de la „Electroceramica", secţia bunuri de consum electrotehnice de la „Electro-Mureş", liniile de montat becuri şi de suflat baloane de la „Steaua electrică"—Fieni, maşinile automate de turnat şi pastat grătare la acumulatoare, prese automate pentru ştanţat tole şi maşini de bobinat de la întreprinderile producătoare de motoare şi aparate electrice.

Institutul de cercetări şi proiectări electrotehnice (ICPE) a fost dotat cu o staţie de impuls de un milion volţi, cu staţii pilot pentru materiale izolante, cu aparatură de laborator şi încercări.

Volumul total al investiţiilor a sporit ca medie anuală de circa 3,5 ori în ultimii trei ani, faţă de media anuală din anii 1955—1959. Suprafeţele de producţie s-au dublat în 1959 faţă de 1955 şi sînt astăzi de aproape trei ori mai mari decît la începutul celui de-al doilea plan cincinal ; valoarea mijloacelor fixe a crescut de aproape 2,6 ori în anul 1963 faţă de 1955.

Eficienţa investiţiilor a fost deosebit de ridicată în ultimii patru ani, prezentînd 5,2 lei producţie/lei investiţii. Indicele de folosire a mijloacelor fixe a crescut de la 1,6, realizat în 1959, la 2,8 în 1963.

Creşterea forţelor de muncă şi a productivităţii muncii

În dezvoltarea producţiei uzinelor electrotehnice, pe lîngă dotarea fabricilor cu utilaje moderne şi productive, un rol important l-a avut creşterea rapidă a forţelor de muncă şi a productivităţii muncii.

Aceasta a necesitat un efort important pentru calificarea lucrătorilor, dat fiind că, în această ramură, cadrele de specialitate erau în număr foarte redus. Majoritatea salariaţilor au fost calificaţi ori şi-au ridicat calificarea în uzine, şcoli profesionale înfiinţate pe lîngă uzine, şcoli tehnice, care au asigurat în 1963, faţă de 1955 spre exemplu, o sporire a numărului de salariaţi de 3,2 ori la „Electroputere", de 2,5 ori la „Electrofar", angajarea şi calificarea a peste 4 000 de salariaţi la „Electronica". Dublarea numărului de maiştri, tehnicieni şi ingineri, în mai puţin decît 10 ani, a reprezentat de asemenea un efort deosebit pen-

tru calificarea personalului în specialităţi corespunzătoare.

Prin stabilirea de măsuri tehnico-organizatorice corespunzătoare şi prin punerea lor în practică, colectivele de muncitori, ingineri şi tehnicieni din uzine, conduse de organizaţiile de partid, au asigurat folosirea raţională a mijloacelor de producţie, sporind productivitatea muncii de 2,38 ori în 1963 faţă de 1955. În ultimii patru ani, acest indicator a prezentat o creştere de 57,9%. În 1963, aproape trei sferturi din sporul de producţie faţă de anul precedent se realizează pe seama sporirii productivităţii.

La acest rezultat a contribuit adîncirea specializării la locul de muncă, crearea de secţii integrate (aparataj de instalaţii, contoare, aparate de măsură, demaroare auto) sau secţii în flux tehnologic dotate corespunzător (prese, impregnare, trăgătorii de cupru). S-au introdus linii tehnologice noi de fabricaţie pentru axe şi carcase pentru electromotoare, la radiatoare pentru transformatoare, la şuruburi etc. Maşini specializate de mare productivitate şi instalaţii speciale, unele realizate prin autoutilare, au contribuit, de asemenea, la sporirea productivităţii muncii. Îmbunătăţirea organizării muncii, a circulaţiei şi evidenţelor a preocupat toate uzinele electrotehnice, reflectîndu-se în planurile de măsuri tehnico-organizatorice, care au contribuit, de asemenea, la creşterea productivităţii muncii.

Efectul tuturor acestor acţiuni se oglindeşte în reducerea continuă a manoperei necesare pentru realizarea producţiei.

Numai în anul 1963 la uzina „Electromotor", spre exemplu, s-au realizat economii de 50 000 de ore normă la producţia de micromotoare, prin măsuri de reproiectare şi organizare a producţiei. La „Electroputere", prin debavurarea mecanică a tolelor la motoare LDE, s-au obţinut economii de 21 300 de ore-muncă.

Creşterea numărului de muncitori auxiliari a fost mai redusă decît creşterea producţiei, în timp ce pentru dezvoltarea capacităţii sculăriilor s-a acordat prioritate. A crescut continuu utilizarea timpului de lucru, care, spre exemplu, la „Electroputere" de la 93,8% a ajuns la 96,1%. Fundamentarea an de an a necesarului de forţe de muncă şi a fondului de salarii pe baza normelor progresive şi a sortimentelor planificate, includerea lor în plan şi urmărirea efectelor măsurilor tehnico-organizatorice, controlul utilizării fondului de salarii şi al utilizării forţelor de muncă au avut efecte pozitive. Spre exemplu, în 1963, creşterea productivităţii muncii în industria electrotehnică a fost de 19% faţă de realizările anului precedent. În acelaşi timp a crescut cîştigul şi s-au îmbunătăţit condiţiile de muncă. Astfel, în 1963, salariul mediu al muncitorilor a crescut aproape dublu faţă de 1955.

Indicatori financiari

Eforturile colectivelor din uzinele electrotehnice s-au îndreptat şi spre îndeplinirea cu succes a indicatorilor financiari. An de an s-au realizat sarcinile de economii la preţul de cost, numai în 1962 volumul de economii ridicîndu-se la 109 milioane lei. Economiile la materiale au variat între 4 şi 9% pe an, eforturile îndreptîndu-se în principal în vederea reducerii materialelor deficitare sau din import. În numeroase cazuri s-au înlocuit metalele cu materiale plastice. Prin reproiectare, spre exemplu, în 1960 s-au adus economii la materiale de 9%, realizîndu-se economii de 58,5 milioane lei, adică 70% din totalul economiilor realizate la producţia comparabilă din acest an. La noua serie unitară de motoare asincrone, fabricate de „Electroprecizia", manopera a scăzut cu 15%, iar consumul de material s-a redus cu 20% faţă de seria fabricată anterior. Aceste modificări au adus economii de 4 milioane lei numai în anul 1963 din care 3,6 milioane lei la materiale, preţul de cost pe kW scăzînd cu 17 lei.

Corespunzător cu sporirea producţiei şi reducerea preţului de cost au sporit beneficiile. Volumul de beneficii în industria electrotehnică a fost în 1963 de 3,5 ori mai mare decît în 1955.

Costurile la 1 000 lei producţie au scăzut continuu în 1963, marcînd o reducere de 23% faţă de 1955. Printr-o mai bună gospodărire a mijloacelor băneşti şi materiale, viteza de rotaţie a mijloacelor circulante s-a îmbunătăţit de la 147 de zile în 1955, la 78 de zile în 1963.

Industria electrotehnică a contribuit în felul acesta la sporirea venitului naţional, la ridicarea nivelului material şi cultural al oamenilor muncii.

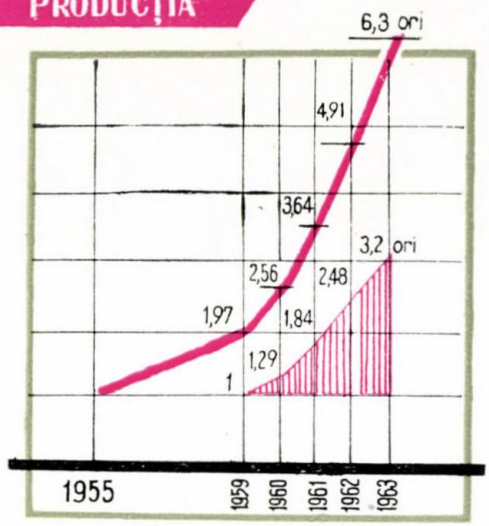
Realizările importante obţinute pînă în prezent de industria electrotehnică, au fost posibile datorită politicii partidului de industrializare socialistă a ţării, materializată prin crearea de condiţii corespunzătoare desfăşurării la nivel tehnic înalt a muncii pline de pricepere şi abnegaţie a muncitorilor, inginerilor şi tehnicienilor din acest sector al economiei.

Prin grija partidului şi guvernului sînt în curs sau se pregătesc noi şi importante lucrări privind dezvoltarea sectorului electrotehnic la nivelul satisfacerii cererilor mereu crescînde de produse electrotehnice în vederea măririi gradului de automatizare a producţiei în principalele ramuri industriale ale economiei noastre socialiste în continuu progres. Noi secţii specializate de producţie construite în cadrul uzinelor existente, precum şi un număr însemnat de uzine noi, prevăzute cu utilaj tehnologic la nivelul celor mai recente realizări ale tehnicii, vor spori în anii următori de cîteva ori volumul producţiei electrotehnice, ritmul de dezvoltare prevăzut fiind unul dintre cele mai înalte în comparaţie cu celelalte sectoare şi ramuri industriale.

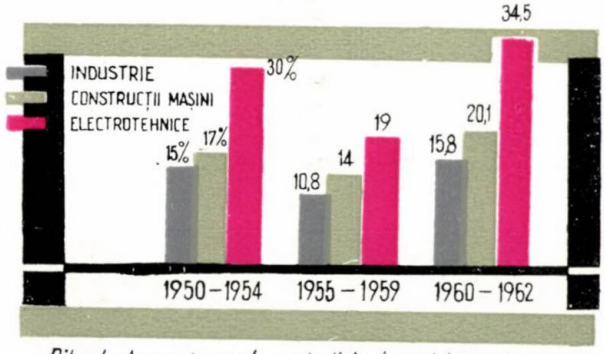
Atît ritmurile de creştere a producţiei realizate între anii 1959 şi 1963, cît şi cele prevăzute a se realiza pe baza dezvoltării în perspectivă a noilor capacităţi de producţie, sînt ritmuri posibile de realizat numai în condiţiile unei economii socialiste, sub conducerea încercată şi competentă a Partidului Muncitoresc Romîn, chezăşie a obţinerii de noi succese în realizarea şi depăşirea prevederilor privind dezvoltarea armonioasă a întregii noastre economii în plin avînt de desăvîrşire a construcţiei socialismului.

EVOLUȚIA PRINCIPALILOR INDICATORI AI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE DIN R.P.R.

PRODUCȚIA

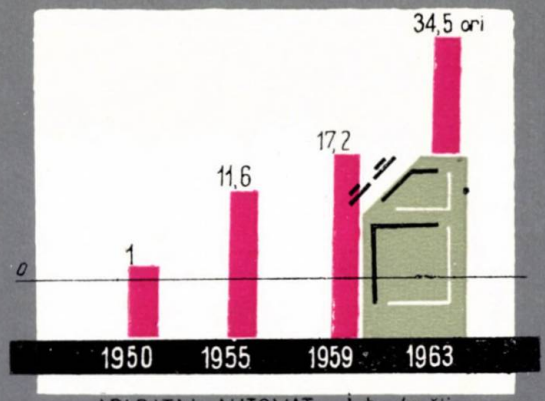


Dinamica producției globale 1955 – 1963

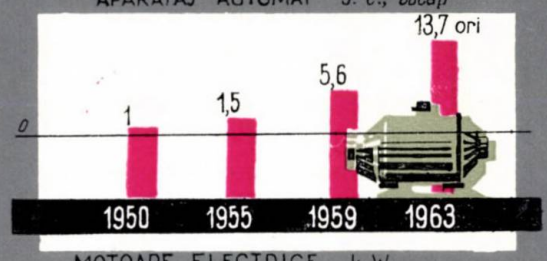


Ritmul de creștere al producției electrotehnice în raport cu total industrie și construcție de mașini

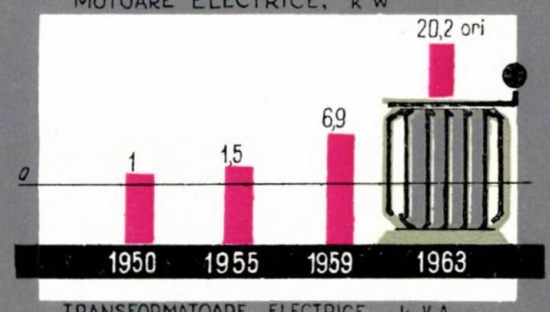
DINAMICA LA PRINCIPALELE SORTIMENTE



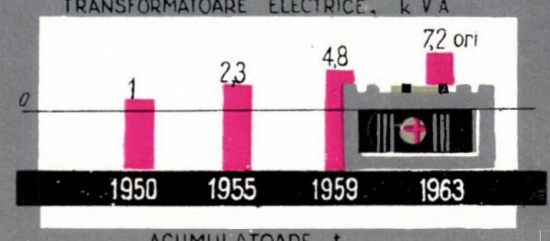
APARATAJ AUTOMAT J. t., *bucăți*



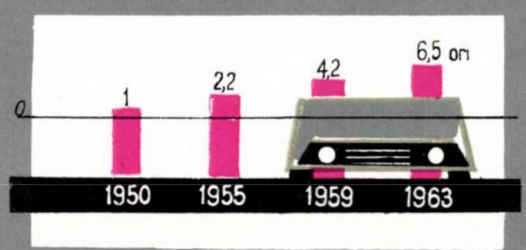
MOTOARE ELECTRICE, k W



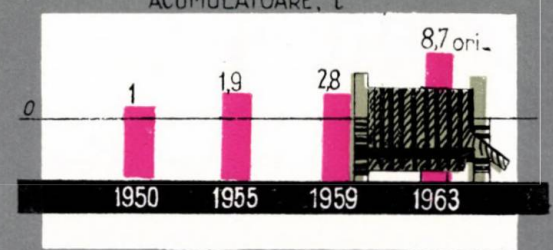
TRANSFORMATOARE ELECTRICE, k V A



ACUMULATOARE, t

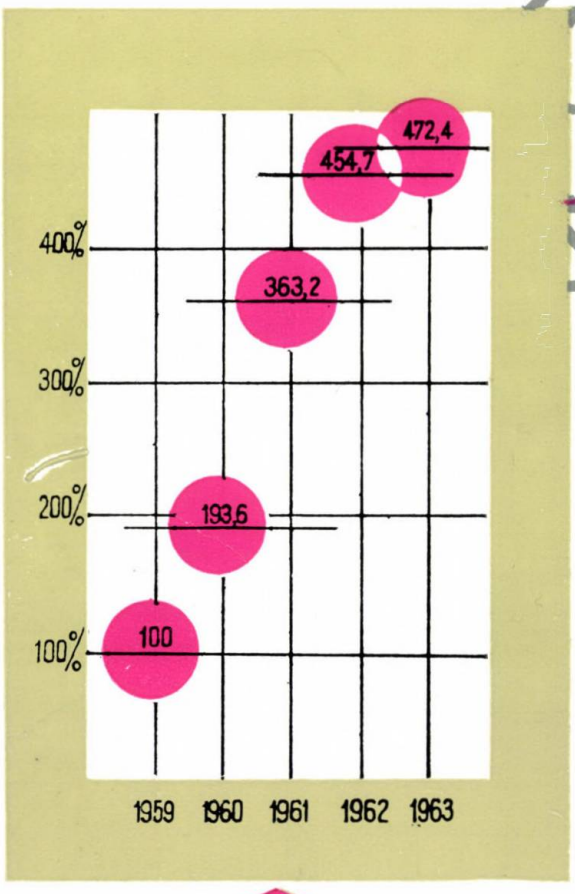


APARATE RADIO *bucăți*



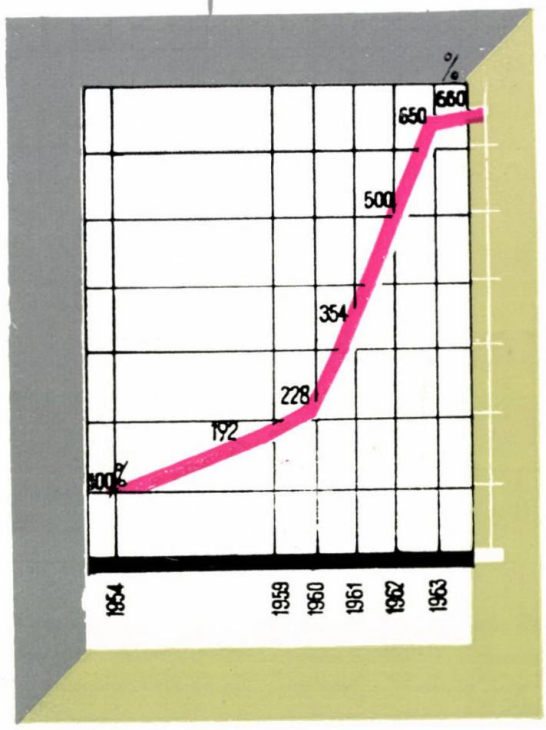
CONDUCTOARE ȘI CABLURI ELECTRICE, km

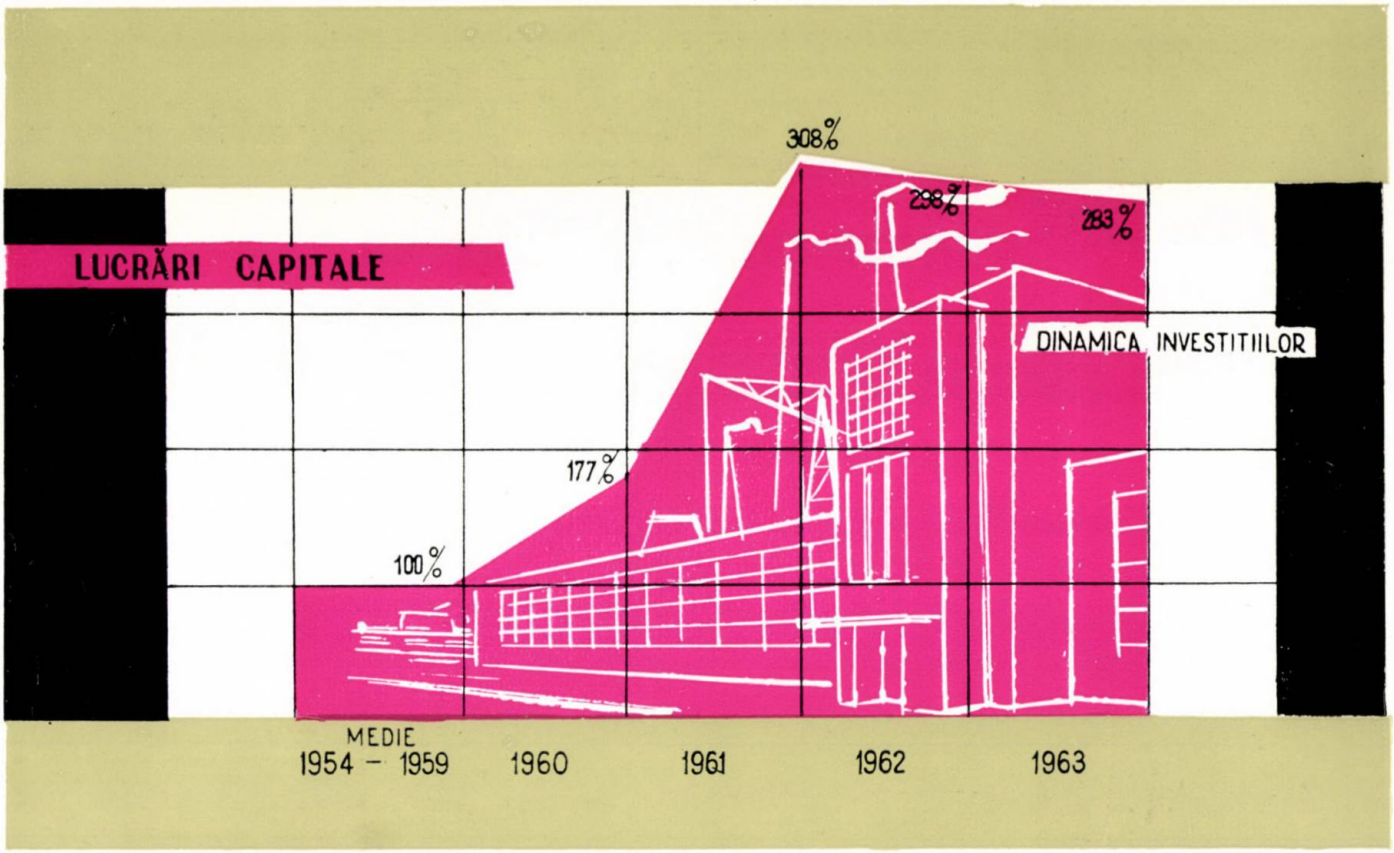
LIVRĂRI

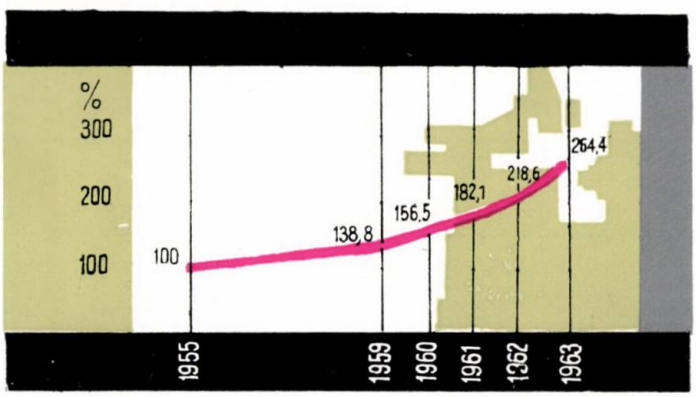


DINAMICA EXPORTULUI DE PRODUSE ELECTROTEHNICE

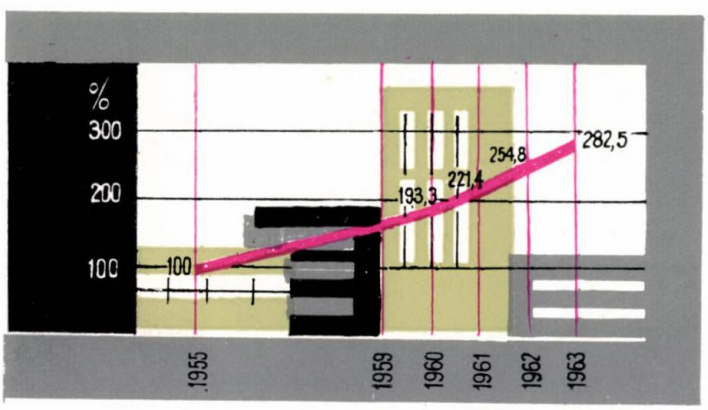
DINAMICA LIVRĂRILOR LA FONDUL PIEȚEI



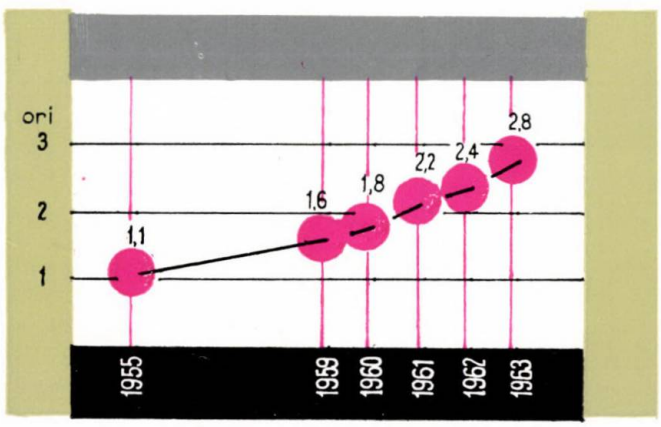




Dinamica mijloacelor fixe



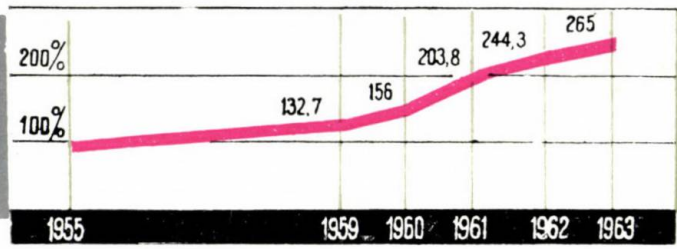
Dinamica suprafețelor productive



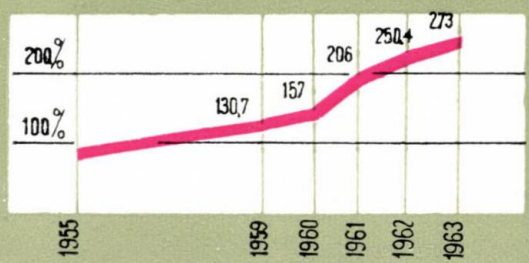
Eficiența utilizării mijloacelor fixe (lei producție / lei mijloace fixe)

FORȚE DE MUNCĂ ȘI PRODUCTIVITATE

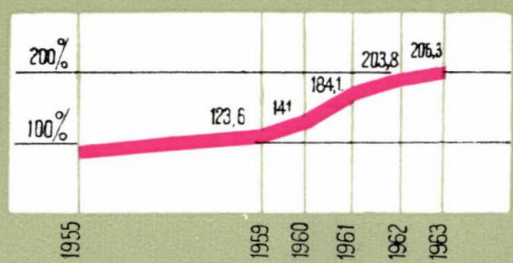
DINAMICA NUMĂRULUI DE SALARIAȚI



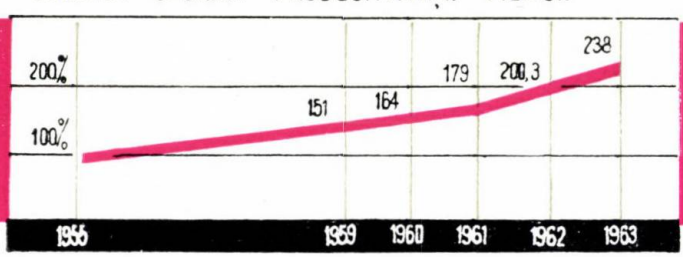
DINAMICA NUMĂRULUI DE MUNCITORI



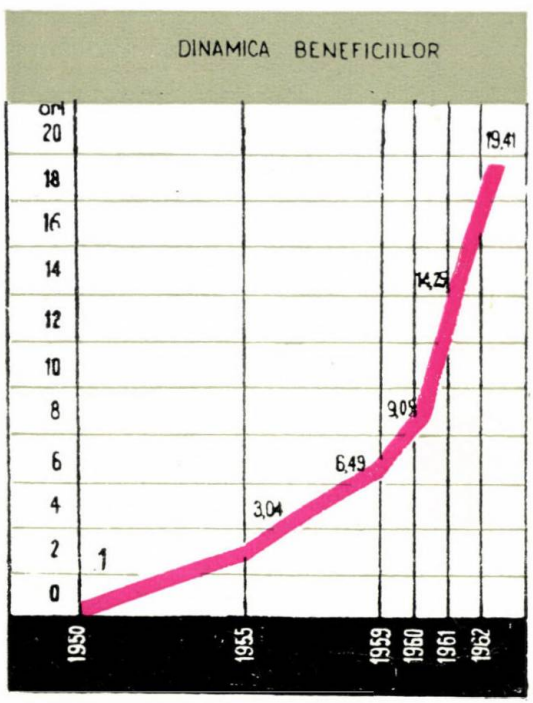
DINAMICA NUMĂRULUI DE TEHNICIENI ȘI INGINERI

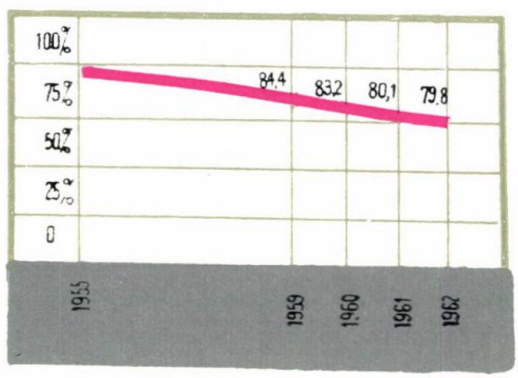


DINAMICA SPORIRII PRODUCTIVITĂȚII MUNCII



DINAMICA BENEFICIILOR





DINAMICA CHELTUIELILOR LA 1000 Lei PRODUCȚIE MARFĂ

Ridicarea nivelului tehnic și calitativ al producției electrotehnice

Romeo Vlădoianu* — București

CZ 621.312.02.6(498)

În anii puterii populare, alături de celelalte ramuri ale industriei, industria electrotehnică — creația statului nostru democrat popular — a adus și aduce o contribuție de seamă la marile succese obținute de poporul nostru, sub conducerea partidului, în făurirea economiei socialiste. Urmărindu-se realizarea politicii de industrializare socialistă a țării, elaborată de partid și guvern, prin planul de electrificare a țării s-au stabilit direcțiile principale în care industria electrotehnică urma să-și desfășoare activitatea, în domeniul producției de mașini electrice, transformatoare electrice de putere, aparataj electric de joasă și de înaltă tensiune, aparate de măsurare, echipamente de telecomunicații, materiale electro-izolante, cabluri și conductoare etc.

Drumul urmat în cei 15 ani de industria electrotehnică în economia socialistă și rezultatele remarcabile obținute sînt arătate pe larg în articolul „Industria electrotehnică din R.P.R. — creație a regimului de democrație populară" din acest număr al revistei. Aceste rezultate se datoresc aplicării unor măsuri judicioase legate de creșterea corespunzătoare a potențialului producției (capacității de producție) și s-au realizat concomitent cu largirea sortimentului, precum și cu creșterea continuă a nivelului tehnic și calitativ al producției electrotehnice.

Una dintre caracteristicile industriei electrotehnice este varietatea mare de sortimente pe care le cuprinde. Utilizarea energiei electrice în cele mai variate domenii ale economiei naționale și lărgirea continuă a mecanizării și automatizării proceselor de producție au impus și impun industriei electrotehnice asimilarea în fabricație a numeroase produse noi. Paralel cu aceasta, perfecționarea continuă a materialelor electroizolante a impus reconsiderarea de pe alte baze tehnico-economice a unui mare număr de produse aflate în fabricația curentă și, respectiv, modernizarea sau asimilarea de produse noi pentru înlocuirea produselor cu caracteristici tehnice depășite.

Stabilindu-se calea ce trebuie urmată pentru fiecare dintre categoriile de produse, au fost dirijate lucrările de cercetare, de asimilare a produselor noi, de dezvoltare a tehnologiei și a utilajului de fabricație în pas cu progresul tehnicii mondiale. În acest scop s-au modernizat continuu laboratoarele de încercări și experimentări.

Un obiectiv urmărit în mod deosebit pentru realizarea de indicatori tehnico-economici ridicați în procesul de producție (productivitate mărită, reducerea consumului de materiale, reducerea prețului de cost și ridicarea calității produselor) a fost mărirea seriilor de fabricație. În această privință s-a urmărit proiectarea de noi produse pe bază de serii unitare. Orientarea lucrărilor pentru asimilarea de serii unitare formează o caracteristică importantă în activitatea de pregătire tehnică a întreprinderilor.

Lucrările premergătoare asimilării seriilor au fost realizate de întreprinderi în strînsă colaborare cu Institutul de cercetări și proiectări electrotehnice (ICPE). În această fază, prin stabilirea principalelor caracteristici tehnice constructive și a parametrilor funcționali la nivelul actual al tehnicii, s-a realizat satisfacerea celor mai variate cereri ale industriei cu un număr relativ redus de produse și de subansambluri tipizate. În acest mod s-au creat, totodată, posibilități multiple de lărgire a sortimentului fabricației, produsele cu destinație specială fiind derivate din seriile unitare, cu un număr minim de repere modificate. Astfel, întreaga pregătire tehnologică are un caracter unitar, iar eforturile de asimilare capătă o eficiență ridicată.

Pe linia aplicării permanente a directivelor trasate de conducerea de partid și de stat în vederea introducerii tehnicii noi și a ridicării continue a nivelului calitativ al producției, directive stabilite prin HCM 877/1960, asimilarea produselor noi, ca și modernizarea produselor curente electrotehnice, se bazează pe analiza prealabilă a tuturor factorilor care trebuie avuți în vedere, în cadrul unor studii tehnico-economice. Prin aceste studii se stabilesc, înainte de începerea lucrărilor de pregătire tehnică, condițiile principale pe care trebuie să le îndeplinească produsele ce se vor asimila (parametri funcționali, caracteristici constructive, indici tehnico-economici de producție) și, de asemenea, volumul lucrărilor de dezvoltare a secțiilor sau sectoarelor de producție ce urmează a se ocupa cu fabricarea produselor noi. Analiza complexă ce se desfășoară în vederea asimilării noilor produse formează una dintre premisele dezvoltării corespunzătoare a tuturor sectoarelor ce conlucrează la realizarea producției, asigurînd astfel un nivel tehnic ridicat și o productivitate corespunzătoare.

Pe linia dezvoltării continue a nivelului tehnic și calitativ al producției electrotehnice, o atenție deosebită se acordă dezvoltării bazei tehnico-materiale a fabricației. Aceasta se reflectă în ritmul rapid de dezvoltare tehnică a proceselor de producție prin dezvoltarea secțiilor și a întreprinderilor, prin dotarea cu utilaje perfecționate, prin introducerea procedeelor tehnologice moderne și, totodată, prin dezvoltarea fabricației de materiale specifice necesare ridicării continue a nivelului tehnic și calitativ al produselor. În această direcție au fost, în mod continuu, asimilate procedee tehnologice noi și, o dată cu acestea, au fost organizate secții noi de producție, dotate cu utilaje specifice producției însușite. Liniile noi de fabricație, de un înalt nivel tehnic, au adăugat noi capacități de producție întreprinderilor.

În vederea asigurării unui nivel tehnic ridicat produselor noi s-a dezvoltat baza de cercetări din întreprinderi (laboratoare uzinale, platforme de încercări) și, în mod deosebit, Institutul de cercetări și proiectări electrotehnice (ICPE), a cărui activitate premergătoare asimilării noilor produse a căpătat o pondere importantă.

Nivelul de documentare a cadrelor tehnice din întreprinderi a crescut în permanență. Beneficiind de un material de documentare din ce în ce mai

* *R. Vlădoianu* este director general al Direcției electrotehnice din M.I.C.M.

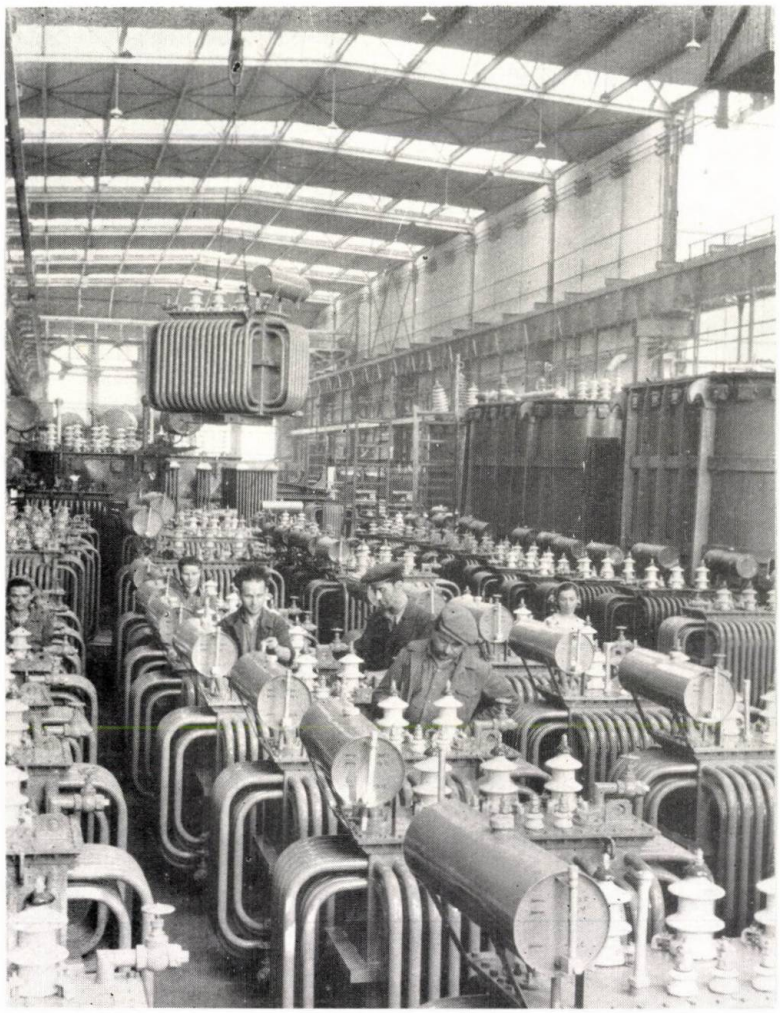


Fig. 1. Vedere din fabrica de transformatoare a uzinelor „Electroputere" — Craiova.

amplu, de elementele obținute din schimburile de informații tehnice cu cadre de specialiști din alte țări, de o largă informare asupra nivelului tehnic mondial (vizite la expoziții, deplasări, cărți, reviste, prospecte, modele), proiectanților din industria electrotehnică li s-au asigurat condiții bune pentru realizarea unui progres tehnic continuu al producției electrotehnice.

În prima etapă de dezvoltare a industriei noastre electrotehnice, un rol important în ridicarea nivelului tehnic l-a avut sprijinul tehnic primit din partea specialiștilor sovietici. Acest sprijin a înlăturat în foarte mare măsură lipsa de experiență, inerentă unei industrii tinere, din perioada primului plan cincinal.

Unul dintre primele obiective ale industriei electrotehnice a fost asigurarea sectorului energetic cu echipamentele necesare dezvoltării rețelelor de distribuție de energie electrică, problemele puse sectorului electrotehnic de industria energetică fiind din ce în ce mai complexe.

Începută în anul 1948, la fabrica „Dinamo" din București, producția de transformatoare de putere a evoluat rapid. Din anul 1952, o dată cu dezvoltarea producției uzinelor „Electroputere" — Craiova, fabricația de transformatoare a fost concentrată la această uzină. Astăzi, în cadrul uzinelor „Electroputere" — Craiova funcționează o fabrică de transformatoare de putere (fig. 1).

Un pas important pe linia progresului tehnic în producția de transformatoare de putere a fost făcut prin realizările din acest domeniu, pînă în anul 1951, ale fabricii „Dinamo" — București. Menționăm, în mod special, transformatorul de 5 600 kVA la 60 kV. Primul dintre aceste transformatoare a fost dat în exploatare în anul 1951 și funcționează neîntrerupt pînă în prezent în una dintre stațiile de transformare ale orașului Brașov.

Prin transferarea producției de transformatoare la uzinele „Electroputere" — Craiova s-au creat condiții mai bune pentru ridicarea nivelului tehnic și calitativ al acestor produse. Prin modernizări progresive s-au îmbunătățit continuu indicii tehnici și economici ai transformatoarelor, așa cum rezultă și din figura 2 unde este reprezentată variația indicelui de greutate specifică (kg/kVA) la unele dintre tipurile de transformatoare din seria de 6 kV (250, 315 și 630 kVA).

Modernizarea seriei la un nivel tehnic mai ridicat, corespunzătoare performanțelor actuale pe plan mondial, cu productivitate sporită și cu consum cît mai redus de materiale, este în fază finală [2].

Concepută la un nivel tehnic modern, noua serie de transformatoare realizate cu tablă silicioasă, cu pierderi specifice reduse (tablă laminată la rece), folosește conductoare de aluminiu. În construcția seriei au fost adoptate soluții constructive noi pentru realizarea de performanțe superioare. Astfel, se folosesc radiatoare de tablă ambutisată pentru mărirea suprafeței de răcire, numărul tipurilor de astfel de radiatoare fiind foarte redus (cinci tipuri normalizate); înfășurările de înaltă tensiune și construcția bobinajelor asigură o rezistență mecanică ridicată la eforturile la scurtcircuit; miezul coloanelor este

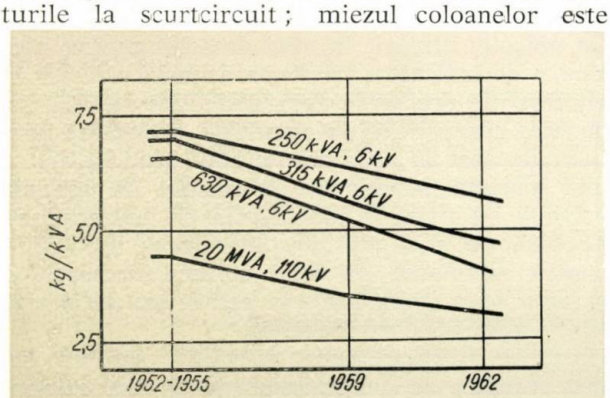


Fig. 2. Reducerea greutății specifice la unele tipuri de transformatoare de putere, în perioada 1952—1962, la uzinele „Electroputere" — Craiova.

strîns prin cilindri izolanţi de pertinax, cu pene de consolidare, utilizîndu-se benzi metalice pentru strîngerea intermediară (tehnologică) şi eliminîndu-se complet buloanele de strîngere, fapt care permite o raţionalizare a tipurilor constructive de miezuri, reducerea consumului de tablă silicioasă, pierderi reduse în circuitul magnetic şi o productivitate ridicată [3].

În domeniul transformatoarelor de putere mare, limita superioară de 5 600 kVA, adoptată în primii ani ai producţiei de transformatoare, a fost de mult depăşită prin asimilarea transformatoarelor cu puteri de 8, 10, 16, 20, 25 şi 40 MVA la tensiuni de serviciu pînă la 132 kV. Transofrmatoarele realizate, cu două sau trei înfăşurări, cu reglaj al tensiunii sub sarcină, au dat rezultate bune în exploatare. Soluţiile constructive şi tehnologice adoptate au fost perfecţionate continuu. Astfel, în anul 1958 au fost date în exploatare instalaţiile pentru uscarea transformatoarelor de mare putere, instalaţia de pregătire a uleiului de transformatoare, instalaţia de umplere etc.

Efectul acestor măsuri este ilustrat în rezultatele obţinute în fabricaţie şi în exploatare. În tabela 1, luîndu-se ca referinţă anul 1956 (100%), este arătată reducerea greutăţii materialelor active (cupru, tablă silicioasă), a greutăţii uleiului electroizolant şi a greutăţii totale a transformatoarelor de 10 şi 20 MVA, 110 kV [4].

La un nivel tehnic corespunzător au fost realizate de uzinele „Electroputere" — Craiova transformatoarele de 40 MVA, 110 kV, cu răcire forţată, autotransformatorul de 60 MVA şi autotransformatorul de 100 MVA, 110/110 $\pm$ 20 kV, pentru reglarea sub sarcină a tensiunii, şi noul tip de transformator de 25 MVA, 110/6 kV, cu bobinaje de aluminiu. La realizarea transformatorului de 25 MVA au fost aplicate soluţii constructive noi. Pentru miez se foloseşte tablă laminată la rece, strîngerea miezului se face cu centuri metalice, iar cuva este de tip clopot [5].

Tabela 1

Puterea transformatorului, MVA	Variaţia greutăţii, %						greutate totală	
	Cu		tablă silicioasă		ulei			
	1956	1961	1956	1961	1956	1961	1956	1961
10	100	90	100	85	100	77	100	84
20	100	92,5	100	83	100	76	100	86,5

De asemenea, trebuie remarcate aplicarea miezului cu cinci coloane la transformatorul de 25 MVA, folosirea unei concepţii constructive noi la transformatoarele de 20 şi 25 MVA, 35/6,3 kV, cu bobinaje de aluminiu, care constă în folosirea miezului cu cinci coloane concomitent cu bobinajul de înaltă tehnsiune biconcentric, ceea ce a dus la o construcţie mai raţională şi la performanţe funcţionale mai bune decît la tipurile similare cu bobinaje de aluminiu din străinătate. O altă categorie de produse al căror nivel tehnic s-a ridicat continuu este aparatajul electric de înaltă tensiune. Începînd cu un sortiment restrîns

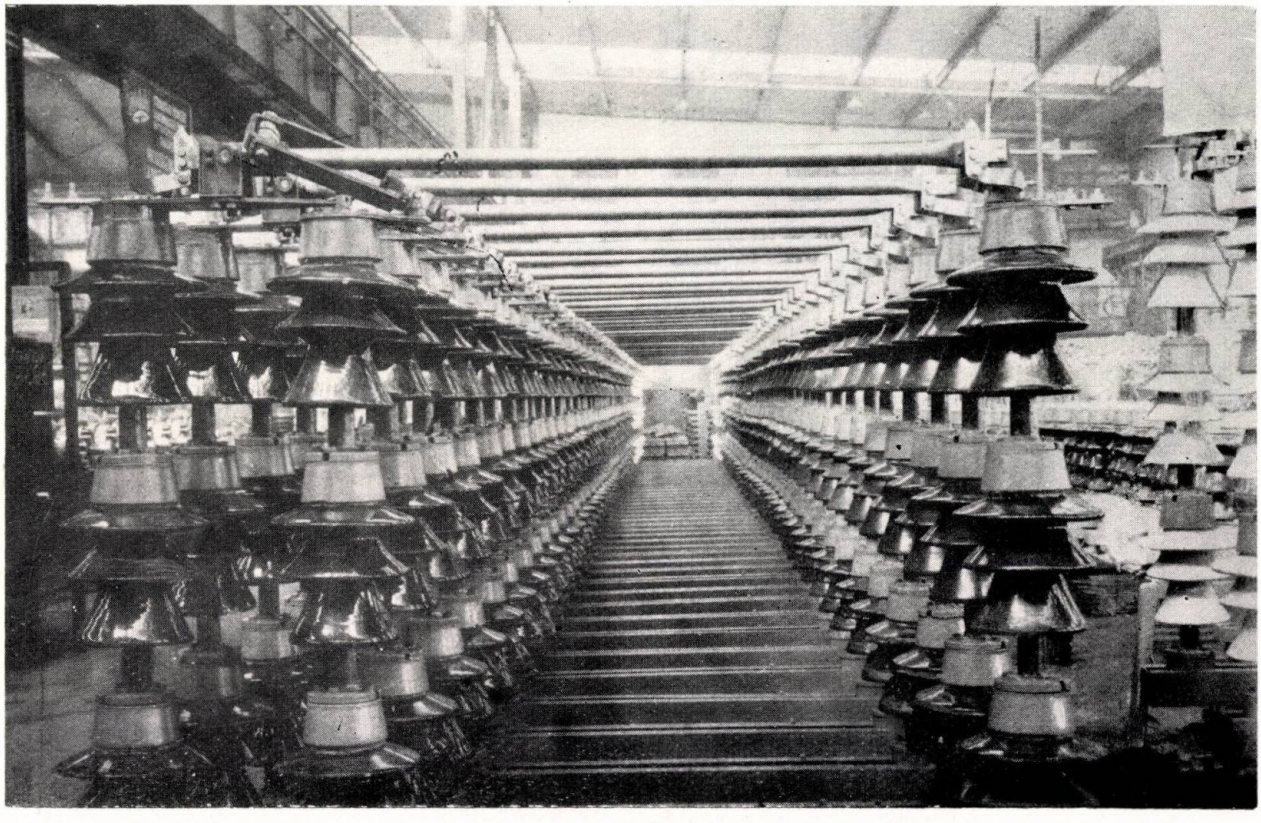


Fig. 3. Vedere din fabrica de aparataj de înaltă tensiune a uzinelor „Electroputere" — Craiova.

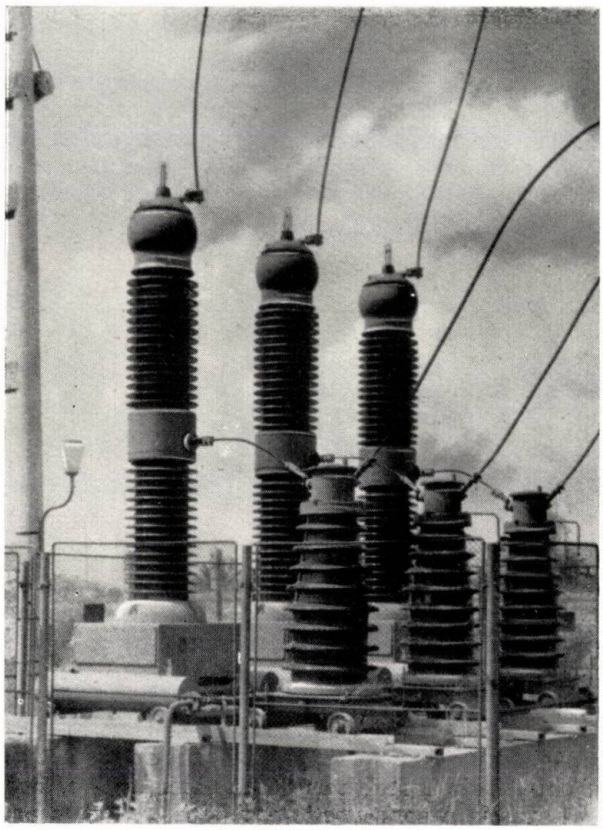


Fig. 4. Aparataj de înaltă tensiune pentru 110 kV produs de uzinele „Electroputere"-Craiova, montat într-o stație : întreruptorul cu ulei puțin tip IUP-110 și transformatoarele de curent tip TPE-110.

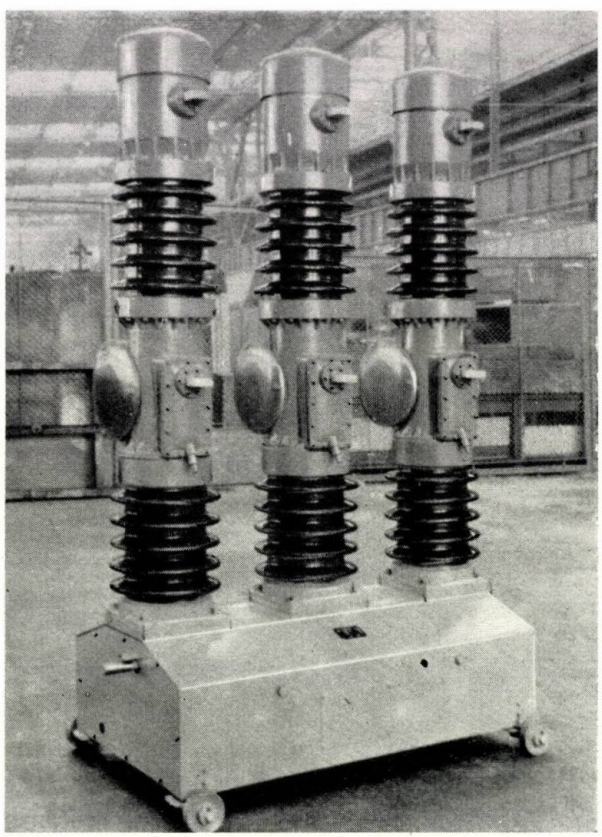


Fig. 5. Întreruptor cu ulei puțin tip IUP-35, pentru 35 kV, produs de uzinele „Electroputere"-Craiova.

(întreruptoare cu ulei mult de 6 kV, separatoare cu acționare manuală pentru 6 kV și izolatoare de linie tip delta), an cu an fabricația de aparataj de înaltă tensiune a crescut ca volum și ca sortimente. Concentrată la uzinele „Electroputere" — Craiova, în cadrul fabricii de aparataj de înaltă tensiune (fig. 3), dotată cu un corp tehnico-inginerese ale cărui cunoștințe au crescut prin experiența acumulată în cei 15 ani de activitate, această producție cuprinde în prezent sortimente complete pentru echiparea stațiilor pînă la 110 kV : întreruptoare moderne cu ulei puțin, separatoare cu acționare cu aer comprimat, separatoare de sarcină, transformatoare de măsură de curent și de tensiune, descărcătoare (fig. 4).

Un progres însemnat l-a constituit asimilarea transformatoarelor de măsură în rășini de turnare [8], a întreruptoarelor de înaltă tensiune cu ulei puțin (fig. 5) și a celulelor prefabricate (fig. 6). Aceste celule realizează nu numai o unificare a echipamentului din stații, dar și o utilizare mai rațională și în condiții de exploatare optime a aparatajului de înată tensiune și a spațiului în stațiile de transformare și distribuție. Ca urmare a studiilor și cercetărilor efectuate asupra camerelor de stingere a întreruptoarelor de înaltă tensiune cu ulei puțin s-au obținut creșteri ale puterilor de rupere (la IUP-110 de la 1 200 la 1 900 MVA, la IUP-10 de la 400 la 600 MVA), ceea ce face ca aceste aparate să corespundă mai bine cerințelor rețelelor energetice în condițiile creșterii puterii electrice a acestora. O dată cu dezvoltarea rețelelor energetice și trecerea la tensiuni foarte înalte (220 kV), sectorului de aparataj de înaltă tensiune îi revin sarcini deosebite privind asimilarea aparatajului respectiv. În sprijinul rezolvării acestei sarcini și pentru asigurarea creșterii continue a nivelului tehnic și calitativ se prevăd dezvoltarea fabricii de aparataj de înaltă tensiune a uzinelor „Electroputere" — Craiova și introducerea de noi procese tehnologice corespunzătoare.

Producția de mașini electrice rotative a avut în perioada 1948—1963 o vertiginoasă ascensiune, atît din punctul de vedere al îmbogățirii sortimentului, cît și din punctul de vedere al performanțelor realizate.

Industria noastră electrotehnică produce în prezent serii de motoare electrice asincrone de utilizării generale (0,8—100 kW și 100—1 600 kW), serii de motoare asincrone cu utilizări speciale (de macara, construcție antigrizutoasă, construcție antiexplozivă, construcție cu siguranță mărită, construcție specială pentru fabricile de ciment, motoare cu mai multe viteze de rotație ș.a.), mașini de curent continuu pentru utilizări normale și speciale (generatoare de sudură, generatoare pentru electroliză), mașini sincrone, generatoare de frecvență medie (8 000 Hz), motoare electrice de putere mică, micromtoare și alte tipuri de mașini electrice cu destinații speciale. Sortimentul de mașini electrice rotative produs în cadrul uzinelor „Electroputere" — Craiova, al Uzinei de mașini electrice din București, al Întreprinderii „Electromotorul" — Timișoara, al între-

prinderii „Electroprecizia" — Săcele și al întreprinderii „Electrotehnica" — București, poate satisface în prezent aproape oricare cerință de acționări electromotoare.

Din punctul de vedere al performanțelor și al calității s-au obținut, de asemenea, rezultate importante.

Aplicînd soluții constructive moderne, constructorii au reușit să realizeze mașini electrice la nivelul celor mai bune produse similare fabricate în străinătate.

Motoarele asincrone, sortimentul de bază în producția de motoare electrice, au fost în atenția deosebită a proiectanților, fiind supuse unor perfecționări continue. Ele sînt în prezent la nivelul recomandărilor internaționale (CEI și C.A.E.R.). Seria nouă unitară de motoare asincrone trifazate, cu rotor în scurtcircuit și puteri cuprinse între 0,8 și 100 kW (fig. 7), realizată conform recomandărilor CEI și C.A.E.R., a fost pusă în fabricație în anii 1960 și 1961, fiind prima serie unitară la acest nivel tehnic realizată în cadrul țărilor membre ale C.A.E.R. Ea poate concura cu succes cu produsele unor întreprinderi străine cu veche tradiție. De o concepție constructivă nouă, aplicînd soluții tehnologice moderne și utilizînd materiale electroizolante noi, seria unitară cu puteri pînă la 100 kW a reprezentat un deosebit succes al industriei noastre electrotehnice. În ceea ce privește motoarele asincrone cu puteri peste 100 kW, unele dintre rezultatele activității de ridicare a nivelului tehnic sînt redate în diagrama din figura 8. Rapiditatea modernizării electromtoarelor din această categorie este ilustrată de faptul că, spre exemplu, în anul 1959, circa 87% din tipurile de motoare aflate în fabricație erau construcții diferite de cele ce s-au fabricat în 1955, iar în perioada 1959—1962 au fost din nou proiectate peste 70% din sortimentele aflate în fabricație [4]. Printre soluțiile constructive noi se amintește introducerea răcirii prin țevi a motoarelor asincrone protecție P_{33}, realizată în anul 1960 la uzinele „Electroputere" — Craiova.

Și în domeniul fabricației motoarelor electrice, gruparea în serii unitare a dat bune rezultate tehnice și economice. Se menționează astfel seriile de motoare antiexplozive, cu siguranță mărită, pentru ciment ș.a., cu puteri sub 100 kW, care folosesc aceleași elemente active (pachetele de tole stator-rotor bobinat) și în măsură maximă aceleași carcase, scuturi ca și seria normală unitară, ceea ce asigură reducerea cheltuielilor de producție, mărirea productivității muncii, reducerea prețului de cost, folosirea aceluiași echipament tehnologic de scule și dispozitive etc. Un efect al acestei acțiuni de unificare îl prezintă scăderea continuă a manoperei specifice pentru fabricația motoarelor (fig. 9) [1].

Progresul tehnic înregistrat în evoluția mașinilor electrice se datorește în bună parte posibilităților create constructorilor din întreprinderile noastre, de stadiul actual al fabricației de materiale electroizolante moderne. Avînd caracteristici fizico-mecanice și termice superioare, noile materiale au permis o creștere a încărcării elementelor active (cupru și tablă silicioasă) și o reducere substanțială a gabaritelor motoarelor. De asemenea, prin utilizarea de materiale electroizolante de clase de izolație superioară s-au putut asimila sortimente noi de motoare electrice și, îndeosebi, motoare pentru echiparea navelor, motoare de tracțiune etc. [7]. Un exemplu de îmbunătățire a utilizării materialelor active și de reducere a dimensiunilor de gabarit îl dă și seria

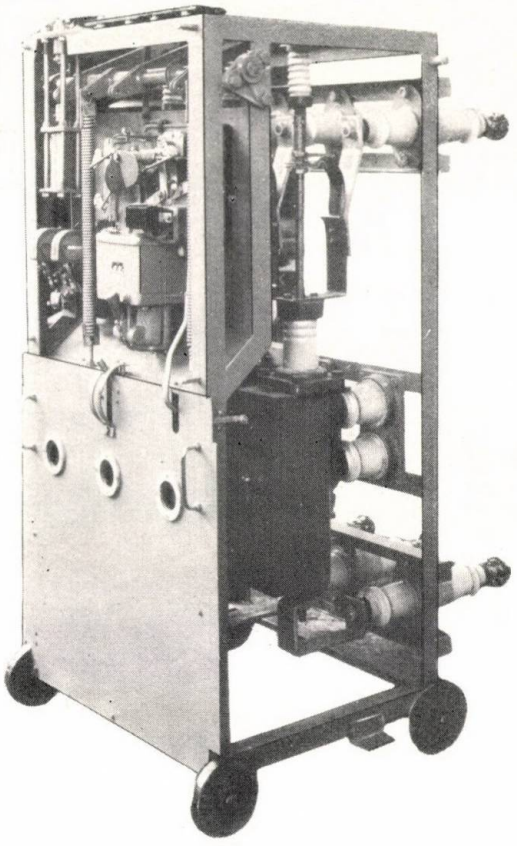


Fig. 6. Celulă prefabricată debroșabilă pentru 6 kV.

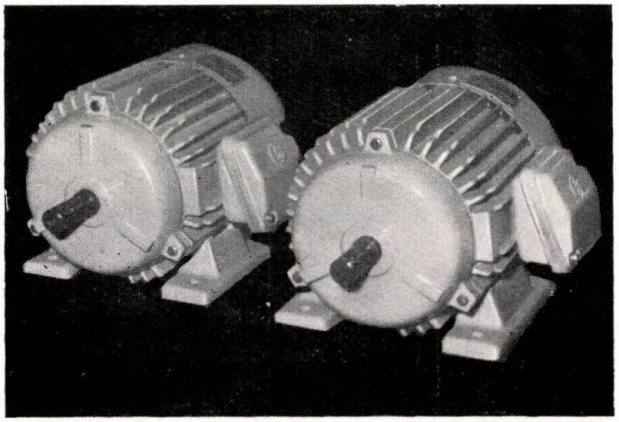


Fig. 7. Motoare din gabaritul 5 (10 kW și 13 kW la 1 500 rot/min) protecție P_{33}, cu rotor în scurtcircuit din seria unitară de motoare asincrone de 0,8—100 kW, fabricate de uzinele „Electroprecizia" — Săcele.

nouă unitară de motoare la care s-au obținut reduceri ale greutății specifice (kg/bucată) pînă la 20%.

Un rol deosebit în această modernizare a materialelor izolante îl are Fabrica de cabluri și de materiale electroizolante din București, ale cărei

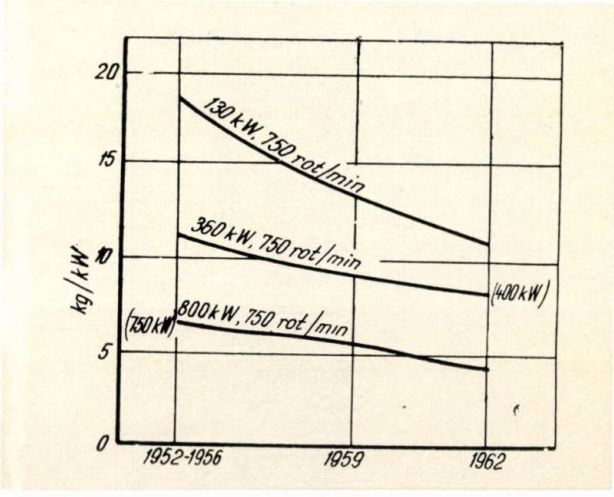


Fig. 8. Reducerea greutății specifice la unele tipuri de motoare asincrone, în perioada 1952—1962, la uzinele „Electroputere" — Craiova.

produse formează baza tehnică principală pentru proiectarea mașinilor electrice. La FCME au fost realizate materiale electroizolante moderne, de clasă de izolație superioară clasei A și cu caracteristici electrice și fizico-mecanice superioare, cu ajutorul cărora s-au putut executa scheme de izolație noi în construcția mașinilor electrice asimilate, ca: materiale electroizolante combinate, utilizînd folii de polietilenglicoltereftalat și carton electrotehnic (izolații PHP) sau aceleași folii sintetice și mică (izolație HMH), izolații pe bază de țesături confecționate din fire de sticlă și mică, materiale stratificate din țesături de fire de sticlă ș.a. La FCME au fost realizate, de asemenea, conductoare de bobinat cu izolație din emailuri de clasă superioară (izorelon, tereftal și poliuretan), iar în fabricația conductoarelor cu izolație din fire de sticlă s-a înregistrat un progres simțitor prin aplicarea unei izolații prealabile din email.

Pentru utilizarea acestor materiale noi în construcția mașinilor electrice de clase superioare clasei A au fost realizate și unele lacuri de impregnare și acoperire, dintre care lacul tip ALM are cea mai mare întrebuințare.

De asemenea, au fost realizate conductoarele și cablurile de conexiuni cu izolații executate din materiale plastice, din cauciuc siliconic și din cauciuc butilic.

Sarcinile privind fabricația de materiale electroizolante, trasate de Congresul al III-lea al P.M.R., constau în asigurarea unui sortiment cît mai complet pentru realizarea în mod unitar a schemelor de izolație a motoarelor și asigurarea nivelului calitativ necesar acestor produse la nivelul actual al tehnicii. În producția de mașini de curent alternativ de putere mare și de înaltă tensiune (6 kV) se întrevede un însemnat progres în etapa ce urmează, ca urmare a introducerii noului sistem de izolație continuă a bobinelor (sistem cunoscut sub denumirea de termalastic), în experimentare la Institutul de cercetări și proiectări electrotehnice (ICPE) și la uzinele „Electroputere" — Craiova.

Un progres tehnic deosebit pe linia fabricației de mașini electrice și, paralel cu aceasta, pentru întreaga fabricație de echipament electrotehnic a fost înregistrat o dată cu asimilarea locomotivei Diesel electrice. Lucrările de asimilare a acestui produs deosebit de complex au impus soluții constructive cu totul noi, precum și aplicarea unor procedee tehnologice specifice și a unor materiale noi.

Fabricația de aparataj de joasă tensiune a înregistrat un continuu progres tehnic și calitativ. Concomitent cu aceasta s-au lărgit posibilitățile de creștere a producției prin introducerea de procedee moderne de fabricație a reperelor și de montaj, corespunzătoare producției de mare serie [9]. Au fost înlocuite, succesiv, seria de întreruptoare cu acționare manuală cu o serie nouă, seria de întreruptoare automate în ulei cu seria de întreruptoare automate în aer, tip contactor, s-a pus în fabricație o serie nouă de întreruptoare și contactoare-pachet, a fost asimilată o serie de contactoare în aer pentru 6, 10, 15, 25, 60 și 100 A ș.a. Creșterea continuă a nivelului tehnic și calitativ în fabricația de aparataj de

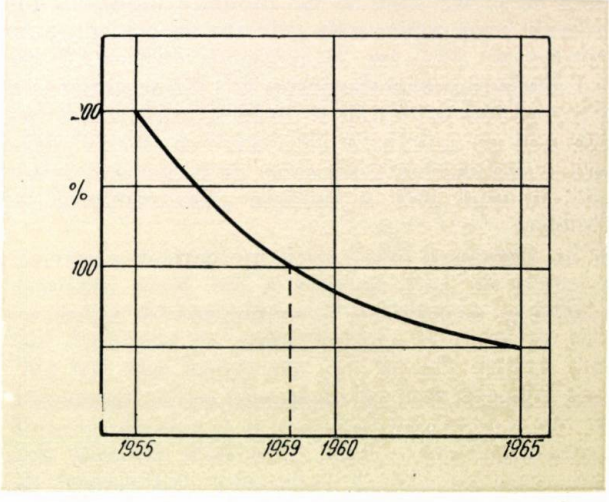


Fig. 9. Evoluția manoperei specifice de fabricație la un motor asincron trifazat cu rotor în scurtcircuit, protecție P_{33}, cu putere 2,8—3 kW, în perioada 1955—1965 (anul 1959 este luat ca an de referință).

joasă tensiune, avîndu-se în vedere numărul foarte mare de sortimente necesare economiei, trebuie să se bazeze în continuare pe asimilarea pe scară largă a elementelor complexe tipizate, care să asigure, în cel mai scurt termen

şi la un nivel tehnic ridicat, realizarea instalaţiilor atît de diverse, solicitate de dezvoltarea utilizării acţionărilor electrice în toate sectoarele.

Producţia de echipamente de telecomunicaţii, concentrată la uzinele „Electromagnetica" din Capitală, a înregistrat un continuu progres, contribuind împreună cu celelalte sectoare ale industriei electrotehnice la realizarea sarcinilor trasate prin documentele de partid şi de stat.

Varietatea mare de probleme ridicate de asimilarea echipamentelor pentru centralele telefonice antrenate şi a instalaţiilor de curenţi purtători a impus aplicarea de procedee tehnologice avansate, singurele în măsură de a da rezultatele scontate.

În prezent, centralele telefonice automate, sistem Rotary, realizate la uzinele „Electromagnetica", echipează reţelele telefonice automate urbane din tot cuprinsul ţării. De asemenea, se produc o serie de centrale telefonice pentru instituţii cu 50—200 linii. Problemele legate de asimilarea elementelor acestor centrale automate (relee telefonice, căutătoare pas cu pas) au fost soluţionate prin utilizarea de materiale de calitate specială şi o disciplină tehnologică deosebită.

O nouă etapă de ridicare a nivelului tehnic al producţiei de echipament telefonic a fost marcată o dată cu punerea în fabricaţie a noului tip de aparat telefonic automat pentru abonaţi (fig. 10) şi a sistemelor de curenţi purtători cu 1, 3 şi 24 canale.

Echipamentele pentru semnalizarea, centralizarea şi blocajul electrodinamic în liniile de cale ferată, de o mare complexitate, reprezintă o altă realizare tehnică deosebită a uzinelor „Electromagnetica".

Colaborarea cu Institutul de proiectări al Ministerului Transporturilor şi Telecomunicaţiilor, în ceea ce priveşte lucrările legate de specificul staţiilor de cale ferată, a contribuit la rezultatele bune, obţinute — chiar de la început — în exploatarea acestor instalaţii. Uzinele „Electromagnetica" îşi dezvoltă în prezent sortimentul de echipamente pentru calea ferată prin asimilarea echipamentelor de semnalizare electrodinamică la trecerile de nivel, bariera automată şi dispecerul de nod feroviar.

Pentru asigurarea creşterii nivelului de trai al oamenilor muncii, Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. prevăd o dezvoltare continuă şi la un nivel din ce în ce mai ridicat a bunurilor electrice şi electronice de uz casnic. Corespunzător acestor sarcini, producţia anului 1965 trebuie să cuprindă 300 000 aparate radio-recepţie şi 130 000 televizoare [6]. Acoperirea acestor cereri ale populaţiei revine uzinei „Electronica" — Bucureşti, ale cărei capacităţi tehnice şi de producţie au fost ridicate continuu. Prin realizarea de subansambluri tipizate pentru echiparea aparatelor de radio-recepţie, prin introducerea de procedee tehnologice moderne şi de mijloace de control din ce în ce mai eficiente, prin asimilarea de subansambluri cu performanţe îmbunătăţite, au crescut nivelul tehnic, calitatea şi volumul producţiei [10].

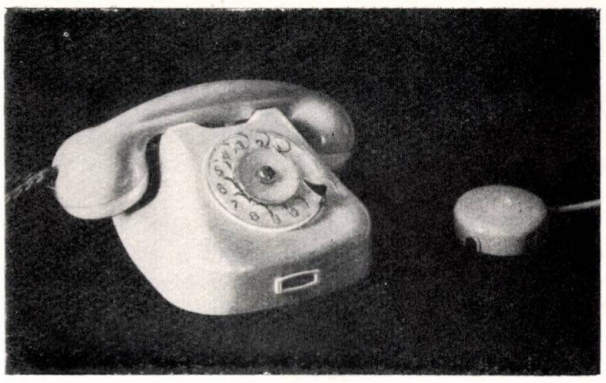


Fig. 10. Aparat telefonic automat pentru abonat, produs de uzinele „Electromagnetica" — Bucureşti.

Un efort tehnic deosebit s-a depus pentru asimilarea televizoarelor şi a aparatelor de radiorecepţie de calitate superioară, pentru perfecţionarea metodelor de încercare şi control şi pentru tipizarea subansamblurilor aparatelor de radiorecepţie prin introducerea modulelor funcţionale. Noile fabrici şi instalaţii moderne, care s-au realizat în toate ramurile de producţie, au pus industriei electrotehnice probleme foarte variate de proiectare, realizare şi instalare a unor echipamente destinate comandării de la distanţă şi reglării automate a proceselor tehnologice.

Prin aceste măsuri organizatorice, activitatea de asimilare a produselor noi, foarte numeroase şi de o mare varietate ca tipuri funcţionale, a fost foarte mult uşurată, dîndu-se largi posibilităţi specialiştilor din acest domeniu de activitate să realizeze soluţii optime.

S-au asimilat astfel elemente din sistemul unificat de reglaj pneumatic, din sistemul de reglaj pentru acţionările electrice şi este în fază de dezvoltare asimilarea elementelor din sistemul electronic unificat.

De asemenea, a fost realizat sistemul UNIDIN pentru reglajul acţionărilor electrice.

S-au realizat instalaţiile de automatizare la furnale, laminoare, fabrici de ulei, de geamuri, de ciment, de maşini-unelte şi altele.

Pe linia introducerii echipamentelor de telemecanică, o realizare deosebit de importantă s-a obţinut o dată cu realizarea centralizării comenzilor în cîmpurile de sonde de petrol, în prezent acestea fiind în extindere pentru sondele de gaze. În această direcţie, rezultatele se datoresc muncii desfăşurate de colectivele din cadrul ICPE, IPA şi uzinele „Electromagnetica" unde s-a realizat întreaga aparatură la un nivel de concepţie foarte modern.

Creşterea continuă a sortimentului de produse electrotehnice a fost asigurată prin dezvoltarea serviciilor tehnice din întreprinderi.

Organizarea de laboratoare noi şi platforme de încercări în întreprinderi a creat posibilitatea desfăşurării de studii şi cercetări în legătură cu stabilirea soluţiilor constructive şi tehnologice la noile produse.

Un rol important i-a revenit Institutului de cercetări și proiectări electrotehnice cu concursul căruia s-au executat studii și cercetări privitor la comportarea în condiții specifice a produselor, a materialelor electroizolante și magnetice necesare, cum și la economicitatea asimilării de noi produse.

Sarcinile trasate industriei electrotehnice de planul de dezvoltare în perspectivă a economiei naționale impun continuarea și intensificarea eforturilor pe care colectivele de muncitori, tehnicieni și ingineri le desfășoară pe linia ridicării continue a nivelului tehnic și calitativ al produselor electrotehnice.

În această activitate complexă care trebuie să fie desfășurată de întreprinderile electrotehnice și institutele ICPE și IPA este necesar să se evidențieze următoarele direcții principale :

— analiza tehnico-economică temeinică a tuturor cererilor economiei naționale în domeniul produselor electrotehnice, pentru stabilirea nivelului performanțelor și a soluțiilor constructive ce trebuie realizate prin asimilarea de noi produse și, de asemenea, fundamentarea economică a acestor asimilări ;

— dezvoltarea seriilor de produse și încadrarea în măsură maximă a produselor în cadrul seriilor unitare, asigurîndu-se printr-o dimensionare justă, un nivel tehnic și calitativ cît mai ridicat la produsele noi și, în paralel cu aceasta, îmbunătățindu-se indicii economici ai producției ;

— folosirea celor mai moderne soluții constructive și tehnologice la asimilarea de noi produse, pentru realizarea de parametri funcționali cît mai ridicați, pentru ridicarea productivității muncii și reducerea prețului de cost ;

— utilizarea de materiale izolante, conductoare și magnetice moderne cu proprietăți electrice și fizico-mecanice superioare ;

— dezvoltarea în mod corespunzător a bazei de studii, cercetări și experimentări în institutele și întreprinderile electrotehnice ;

— lărgirea colaborării cu celelalte sectoare ale economiei naționale care contribuie cu materii prime la realizarea de produse electrotehnice și, în primul rînd, cu industria chimică ;

— dezvoltarea corespunzătoare a bazei tehnico-materiale din întreprinderi, constînd în creșterea capacităților de lucru la serviciile constructor și tehnolog șef, modernizarea procedeelor tehnologice, darea în exploatare de linii și secții noi de producție, ridicarea parametrilor utilajelor de producție, creșterea capacității de lucru în laboratoarele și standurile de încercări.

Realizările sectorului industriei electrotehnice în cei 15 ani de existență marchează contribuția pe care întreprinderile electrotehnice au adus-o la dezvoltarea economiei noastre naționale. Sarcinile măreț trasate de partid și guvern mobilizează colectivele de muncitori, tehnicieni și ingineri din industria electrotehnică pe linia ridicării continue a nivelului tehnic și calitativ al producției electrotehnice și, prin aceasta, la ridicarea nivelului tehnic în întreaga economie națională.

Bibliografie

[1] *Crișan, I.* Industria electrotehnică, factor important în realizarea planului de electrificare. În : Electrotehnica 8, nr. 12, 1960, p. 405—408.

[2] *Năzdrăvan, I., Toma, Gh., Șarpe, M. și Rădulescu, C.* Principiile constructive, tehnologice și de fabricație ale seriei unitare de transformatoare cu înfășurări din aluminiu pînă la 1 600 kVA și 35 kV. În : Electrotehnica 10, nr. 12, 1962, p. 441—449.

[3] *Șarpe, M., Cojocaru, I., Ogrezeanu, A. și Gaciu, C.* Seria unitară de transformatoare de putere 100—1 600 kVA, 35 kV, cu înfășurări din aluminiu și miez din tablă laminată la rece.

[4] *Popovici, V. și Stanciu, V.* Uzinele „Electroputere"-Craiova, creație a regimului de democrație populară. În : Electrotehnica 10, nr. 6, 1962, p. 215—225.

[5] *Rădulescu, C., Toma, Gh. și Năzdrăvan, I.* Realizarea primului transformator din seriile de 110 kV, după principiile constructive noi. Comunicări tehnice „Electroputere", 1963.

[6] *Crișan, I.* Sarcinile industriei electrotehnice din R.P.R. în lumina Directivelor Congresului al III-lea al P.M.R. În : Electrotehnica 8, nr. 8, 1960, p. 261—274.

[7] *Lefter, V.* Utilizarea materialelor electroizolante moderne în construcția mașinilor electrice de joasă tensiune. În : Electrotehnica 10, nr. 12, 1962, p. 449—454.

[8] *Păduraru, N.* Serie unitară de transformatoare de măsură în rășini de turnare. Comunicări tehnice „Electroputere", 1963, p. 17—21.

[9] *Cosmin, Gh.* Realizări și perspective în construcția aparatajului electric de joasă tensiune. În : Electrotehnica 8, nr. 8, 1960, p. 274—279.

[10] *Lăzăroiu, D.* Dezvoltarea industriei electronice în R.P.R. În : Electrotehnica 10, nr. 6, 1962, p. 231—235.

[11] *** Pe calea desăvîrșirii construcției socialiste. În : Telecomunicații 4, nr. 3, 1960, p. 97—99.

Activitatea de cercetare, factor important în ridicarea nivelului tehnic al industriei electrotehnice

Aurel Avramescu* — București

CZ 608 : 621.312.001.5(498)

Împlinirea a 15 ani de la înființarea industriei electrotehnice în țara noastră este un bun prilej de a trece în revistă sprijinul pe care cercetarea tehnico-științifică a reușit să-l dea acestei ramuri importante a industriei noastre.

Descoperirile științifice preced și condiționează progresul tehnic și industrial. Acest fapt se oglindește în următorul text din Hotărîrea Comitetului Central al P.M.R. și a Consiliului de Miniștri din 1960 : „La introducerea și dezvoltarea tehnicii noi în economia națională, o contribuție însemnată revine activității de cercetări tehnico-științifice desfășurate în întreprinderi, institute de cercetări..."

În ultimul timp, interdependența dintre știință și tehnică a devenit mai strînsă, mai directă, mai complexă. Evident, unele descoperiri așteaptă în laborator luni și ani introducerea în producție, dar timpul de aplicare a soluțiilor noi, de importanță economică mare, s-a scurtat considerabil. Orientarea tematicilor de cercetare pe necesitățile majore ale producției electrotehnice, printr-o planificare corespunzătoare, a asigurat acea promptitudine și eficiență în exploatare pe care colectivele de cercetare și-o doresc întotdeauna, pentru valorificarea muncii lor.

Elaborarea unor soluții tehnice pe baza cercetărilor tehnico-științifice în colectivele din întreprinderi și din Institutul de cercetări electrotehnice a înregistrat succese considerabile, prin introducerea majorității acestor soluții în producția industrială.

În cele ce urmează se caracterizează eficiența activității de cercetare din ultimii cincisprezece ani în domeniul electrotehnic.

Inovații și invenții

Încă din primii ani de la înființarea întreprinderilor electrotehnice, colectivele de muncitori, tehnicieni și ingineri au început o activitate susținută de ridicare a productivității muncii [1].

Răspunzînd chemării adresate de partid și guvern, aceste colective s-au angajat cu avînt în întreceri socialiste, la început pentru mărirea producției, apoi tot mai mult pentru ridicarea concomitentă a nivelului tehnic al produselor. În scopul realizării progresului se cer de la început cunoștințe în specialitate, o iscusință deosebită, inițiativă, entuziasm și putere de muncă. Mișcarea largă a inovațiilor în producție a contribuit din ce în ce mai mult la cîștigarea bătăliilor pentru cantitate și calitate, dar concomitent a creat un tip nou de muncitor și tehnician : *inovatorul*, care nu se mulțumește cu rutina, cu soluțiile vechi, oricît de încercate ar fi ele, cu materialul necorespunzător, ci printr-o activitate heuristică elaborează soluții tehnice și tehnologice noi, adaptează metodele cunoscute la situații locale, simplifică procesele de fabricație. Masa mare a inovațiilor nu a întîrziat să producă efecte considerabile în ridicarea productivității muncii, a nivelului tehnic al produselor și al cadrelor.

Astfel, numai în primul semestru al anului 1963, 1 012 muncitori și 654 tehnicieni și ingineri au prezentat 2 428 propuneri de inovații la cabinetele tehnice din industria electrotehnică. În aceeași perioadă au fost aplicate în producție 867 inovații, care au realizat o economie evaluată la 7 259 000 lei. Ca exemple se arată că la „Electro-Banat" din Timișoara, scula automată cu șină de avans, pentru confecționarea din bandă a capacelor duliei, mărește productivitatea cu 1 200%, iar la UMEB, modificarea constructivă a seriei de rezistențe de pornire și reglaj la motoarele de macara a realizat economii evaluate la 250 000 lei. Dintre toate întreprinderile industriei electrotehnice, UEPC stă în frunte din punctul de vedere al numărului inventatorilor și al invențiilor brevetate. În cursul anului 1963, în întreprinderile și instituțiile electrotehnice au fost examinate 230 propuneri de invenții, dintre care, cel puțin 100, au fost aprobate pînă la finele anului.

Mașina unipolară, inventată de prof. A. Nicolau de la ICPE, a fost brevetată în șapte țări industriale înaintate. Domeniile de cercetare ale tov. ing. S. Grossu, de la UEPC, sînt înfășurările transformatoarelor și mașinilor electrice ; ale tov. ing. V. Bunea, de la UMEB, circuitele magnetice din dispozitivele electromagnetice și mașinile electrice speciale ; ale tov. ing. D. Teodorescu, de la „Electromotor", dispozitive variate și mașini mecanice electromagnetice și electronice ; ale tov. ing. D. Fințescu și ing. R. Zăroni, de la ICPE, sistemele de excitare și acționare cu comandă de reglare automată. Schemele de încercare cu comandă automată a contactoarelor, înregistrate de tov. ing. I. Barbu de la ICPE, duc la economii de peste 400 000 lei anual la ICPE și „Electroaparataj".

Numeroase invenții sînt aplicate cu succes în producția industrială electrotehnică, realizîndu-se economii. Astfel comutatorul trifazic de reglare a tensiunii fără sarcină în neutrul transformatoarelor de putere, inventat de ing. I. Năzdrăvan, aplicat la UEPC, a realizat economii de 130 000 lei anual.

Multe invenții sînt caracterizate prin introducerea unor mijloace și metode de tehnică nouă. În această categorie amintim procesul de obținere a feritelor mixte de Mn-Zn, propus de ing. Florica Constantinescu (ICTT, MTT), și controlerul automatizat cu disc Foucault, pentru pornirea temporizată a troleibuzelor, propus de ing. N. Beju de la UMEB și aplicat în producția curentă. Propunerile de invenții aprobate sînt într-o creștere continuă, numărul lor fiind de 38 în 1961 și de 52 în 1962.

Cercetarea în întreprinderile electrotehnice

O dată cu dezvoltarea birourilor de proiectare în cadrul întreprinderilor industriale s-au pus în fața proiectanților unele probleme dificile de adaptare la condițiile locale a unor soluții tehnice noi, ceea ce a impus efectuarea unor încercări și verificări în laboratoarele uzinale, a căror sarcină inițială era verificarea calității producției curente.

* Acad. dr. ing. *A. Avramescu* este șeful laboratorului de înaltă tensiune al ICPE.

Operaţiile dificile de asimilare a unor produse noi, verificarea oricărei modificări, propusă de proiectanţi sau tehnologi, a antrenat personalul

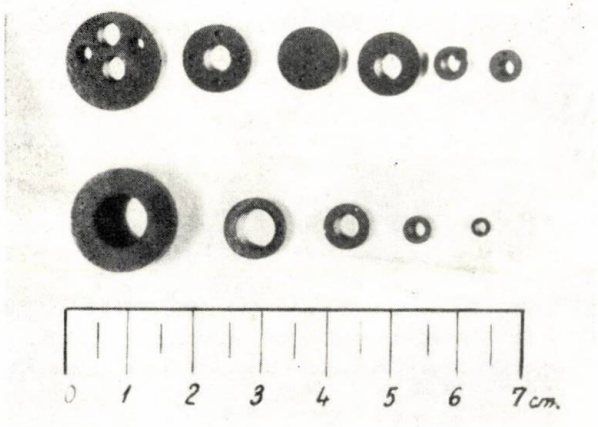


Fig. 1. Miezuri magnetice din ferite.

din laboratoare la o colaborare fructuoasă, care a început prin propuneri proprii de modificare, a continuat cu contribuţii valoroase la munca colectivelor de proiectare şi apoi cu propuneri bazate pe serii de experimente. Dotarea laboratoarelor cu aparate şi dispozitive de măsură moderne, aplicarea tehnicii noi în măsurările curente — ne referim la oscilografe, aparate Roentgen, dispozitive cu izotopi, cu tranzistoare, cu sonde Hall, cu termistoare şi termoelemente, cu aparate optice, microscoape obişnuite şi electronice ş.a.m.d. — a ridicat considerabil potenţialul ştiinţific al laboratoarelor, ceea ce s-a răsfrînt, pe de o parte, asupra rigurozităţii verificărilor, pe de altă parte, a promovat cercetări propriu zise în aceste laboratoare [1].

Coordonarea activităţii de cercetare din întreprinderi cu aceea din institutele de cercetări, pentru evitarea paralelismului şi verificarea calităţii lucrărilor, s-a realizat de către organele departamentale, prin Institutul de cercetări şi proiectări electrotehnice. Pe seama întreprinderilor au rămas în general teme de cercetare în directă legătură cu producţia şi cu termene scurte. Pentru ilustrarea acestei evoluţii ne permitem a cita cîteva exemple semnificative, fără pretenţia de a fi cuprins cele mai valoroase cercetări din întreprinderi. Spre a se realiza o informare mai amplă, se fac trimiteri la lucrările publicate în materie.

Aplicarea consecventă a principiilor de construcţie raţională a contactelor [2], şi anume realizarea unei forţe de apăsare mari pe o suprafaţă cît mai mică, a dus, la „Electroaparataj", la elaborarea de contacte pentru prize de o construcţie specială, inedită, propusă şi verificată prin experienţe de laborator de colectivul inginerilor M. Dîmboiu şi I. Dan, şi introdusă în fabricaţia curentă cu foarte bune rezultate [3].

La întreprinderea „Electroaparataj" s-au mai întreprins cercetări teoretice şi experimentale pentru proiectarea raţională a electromagneţilor de acţionare [4] şi a releelor termice [5] din contactoarele de curent alternativ, cu scopul de a fonda proiectarea pe baze tehnico-ştiinţifice, lipsite de empirism. Spre a mări stabilitatea la uzură a contactoarelor, în laboratorul aceleiaşi întreprinderi, s-au încercat la uzură mecanică serii de conctactoare [6], ceea ce a permis îmbunătăţirea progresivă a produselor în fabricaţie şi a celor nou proiectate.

La uzinele „Electroprecizia" s-au măsurat curenţii de pornire la toate exemplarele seriei de motoare asincrone de gabarite 1—5 produse într-un trimestru. Aplicînd acestor date metodele statisticii matematice, s-au tras concluzii utile pentru o nouă orientare a procesului tehnologic, rezultînd o îmbunătăţire a calităţii producţiei.

În laboratorul uzinei „Electromotor" s-au elaborat de către ing. D. Teodorescu mai multe variante ale unei maşini de echilibrat rotoare, care s-a utilizat pentru echilibrarea dinamică a motoarelor din fabricaţia curentă.

La UEPC, după dotarea laboratorului cu instalaţii de înaltă tensiune, de frecvenţă industrială şi de impuls, ultimele fiind realizate parţial la ICET [7, 8], au început studii experimentale pentru verificarea stabilităţii dielectrice şi dinamice a produselor uzinei. Dintre acestea, amintim pe cele referitoare la nivelul de izolare a seriei de transformatoare [9] şi la repartiţia tensiunii de impuls pe înfăşurările transformatoarelor. Aceste

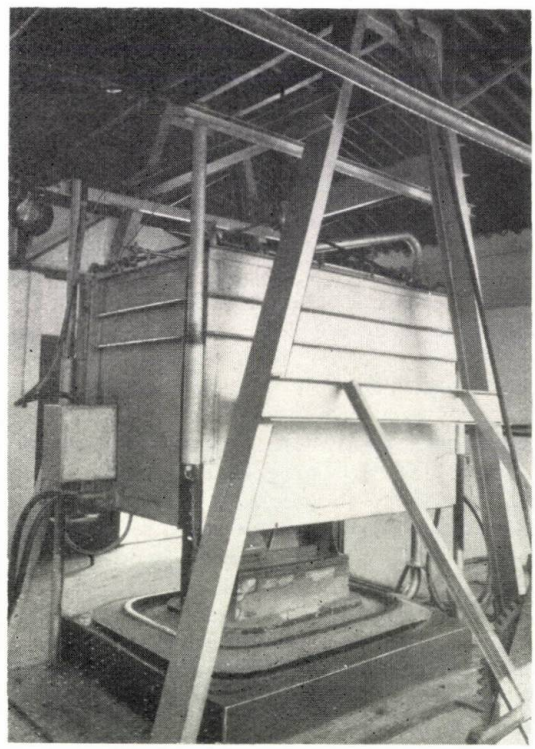


Fig. 2. Cuptor pentru tratamentul termic al tolelor silicioase în atmosferă reductoare.

lucrări de nivel ridicat au permis să se formeze o opinie a colectivelor din uzină asupra recomandărilor internaţionale CEI [10] şi să se deschidă calea spre exportul de transformatoare.

Colaborarea strînsă dintre serviciile constructor şef, tehnolog şef şi laboratorul uzinelor a luat treptat caracterul unor cercetări, la început tehnologice şi tehnice, apoi chiar ştiinţifice, după cum a rezultat clar la sesiunile tehnico-ştiinţifice organizate anual. Dintre acestea, sesiunea de comunicări din mai 1963 a UEPC s-a distins prin prezentarea unui număr considerabil de soluţii tehnice originale şi de pondere economică mare [12].

Institutul de cercetări şi proiectări electrotehnice (ICPE)

În planul de electrificare a ţării, aprobat de Comitetul Central al P.M.R. la 26 octombrie 1950, s-a prevăzut „...crearea unui institut de cercetări şi încercări electrotehnice, dotat cu un laborator pentru executarea încercărilor de tip ale produselor electrotehnice, măsurări de precizie şi cercetări tehnice, în vederea dezvoltării construcţiilor noi". Institutul ICET a fost înfiinţat în anul 1951, fiind în cursul existenţei sale de două ori unit, ca în prezent, cu secţii de proiectare,

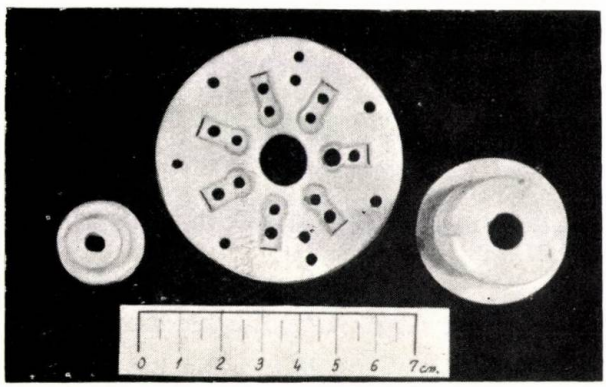


Fig. 3. Piese din steatit de înaltă frecvenţă.

ceea ce corespunde de altfel Directivelor Congresului al III-lea al P.M.R., care prevăd „...a se întări sectorul de studii, cercetări şi proiectări al industriei constructoare de maşini în unităţile centrale..."

La început, activitatea institutului s-a limitat la studii documentare şi teoretice privind materialele şi soluţiile constructive aplicabile în industria electrotehnică. Din anul 1955, conducerea institutului a început o acţiune susţinută de autoutilare a laboratoarelor, pe bază de proiecte detaliate, calculate şi sprijinite pe normele de încercare cele mai recente. După mutarea institutului în incinta din B-dul Tudor Vladimirescu, au luat fiinţă şi s-au echipat laboratoarele de materiale electrotehnice, de aparate de joasă şi de înaltă tensiune. În aceste condiţii, activitatea de cercetare s-a îndreptat spre realizarea de prototipuri de produse de înaltă tehnicitate, ce urmau să intre în fabricaţia curentă [11]. În cele ce urmează, se ilustrează activitatea de autoutilare, cu cîteva exemple.

În domeniul materialelor electrice, baza materială pentru cercetările magneţilor permanenţi metalici şi metaloceramici a fost asigurată prin

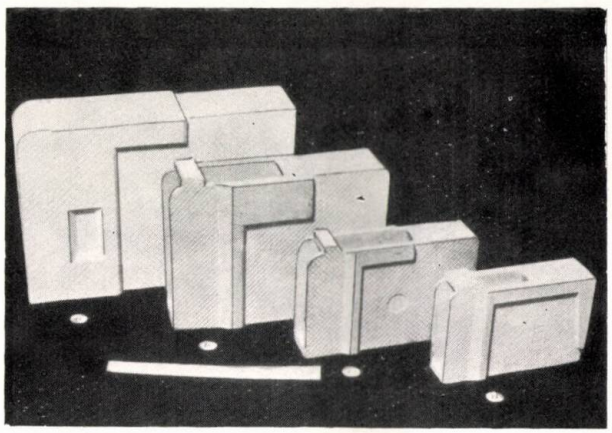


Fig. 4. Camere de stingere din ceramică rezistentă la arcul electric.

instalaţii automatizate de magnetizare, magnetometre, coercimetre [13], ceea ce a permis elaborarea de miezuri sau de magneţi permanenţi metalici sau din ferite de diferite forme (fig. 1) cu caracteristici dreptunghiulare, pentru industria aparatelor de radio sau construcţia memoriilor maşinilor electronice de calcul [14].

Tolele magnetice pentru maşini electrice şi transformatoare au fost supuse unor cercetări cu scopul de a se stabili tratamentele termice care pentru un anumit sort de tole să dea pierderi

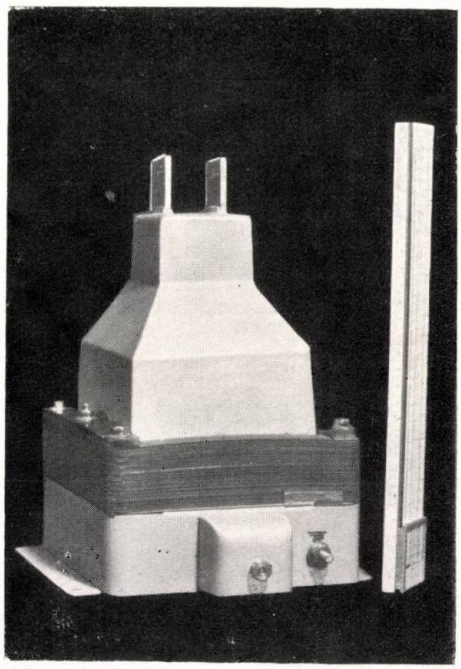


Fig. 5. Transformator de curent 10 kV, 400/5A turnat în răşini epoxidice.

magnetice minime şi să elimine influenţa prelucrării la rece a tolelor [15]. Cuptorul special, în atmosferă reductoare, construit pentru aceste cer-

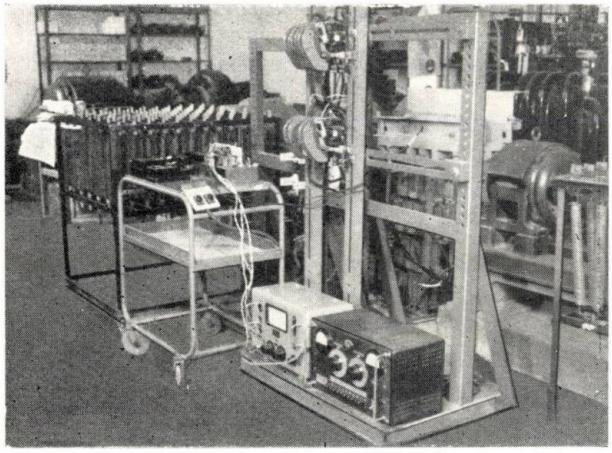


Fig. 6. Vedere din laboratorul de aparate de joasă tensiune ICPE.

cetări (fig. 2) serveşte, în continuare, la acoperirea necesităţilor urgente, din acest punct de vedere, ale unor întreprinderi.

Procurarea unei maşini speciale pentru turnarea sub presiune a materialelor ceramice a permis elaborarea unei tehnologii de mare eficacitate pentru construcţia unor piese din steatit, utilizate la aparatele de radio (fig. 3) sau la aparatele de joasă tensiune.

S-au elaborat şi dat în fabricaţie camere de stingere pentru contactoare, dintr-un material ceramic rezistent la efectele arcului electric, în condiţii de stricte toleranţe dimensionale (fig. 4).

În domeniul larg al materialelor izolante sintetice, plastice, s-au înfăptuit numeroase cercetări. Spre exemplu, s-a elaborat un lac de impregnare a înfăşurării maşinilor electrice de izolaţie de clasă B şi diferite piese izolante, cum şi izolaţia conductorului unor transformatoare uscate de clasă H. Colaborarea colectivelor de chimişti cu colectivele de ingineri şi cercetători în domeniul maşinilor şi transformatoarelor reiese şi mai evidentă în cazul elaborarării proceselor tehnologice pentru turnarea în răşini epoxidice a înfăşurării transformatoarelor de curent (fig. 5) şi a transformatoarelor de înaltă tensiune [16]. Tot la ICET s-au elaborat planuri pentru instalaţiile industriale corespunzătoare.

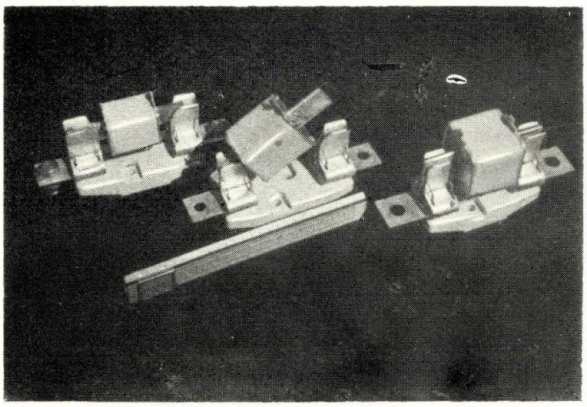


Fig. 7. Siguranţe cu mare putere de rupere 500 V, 100—630 A, 30 kA.

În domeniul curenţilor tari cercetările s-au referit iniţial la elemente constructive din maşini şi aparate, apoi la unităţi complete şi în sfîrşit la „serii unitare" de produse.

Astfel s-au cercetat experimental contacte aliate sau sinterizate din materiale rezistente la uzură [17], contacte din cupru, placate cu argint prin laminare [18], trecîndu-se la încercarea lor în contactoare şi întreruptoare [6]. S-au elaborat dispozitive de o concepţie originală pentru comanda automată cu economie de energie a încercărilor de durată a contactelor şi contactoarelor [19].

Pentru comanda automată a operaţiilor în cursul încercării întreruptoarelor la putere de rupere în reţea sau în laborator s-au proiectat şi construit „comutatoare program" care comandă sincronizarea oscilografelor şi a diferitelor întreruptoare din circuitul de încercare cu o exactitate de 2—3 grade electrice [20]. Ca urmare a fost posibil să se verifice puterea de rupere a aparatelor de conectare elaborate, ceea ce a contribuit în mod esenţial la ridicarea performanţelor acestor aparate.

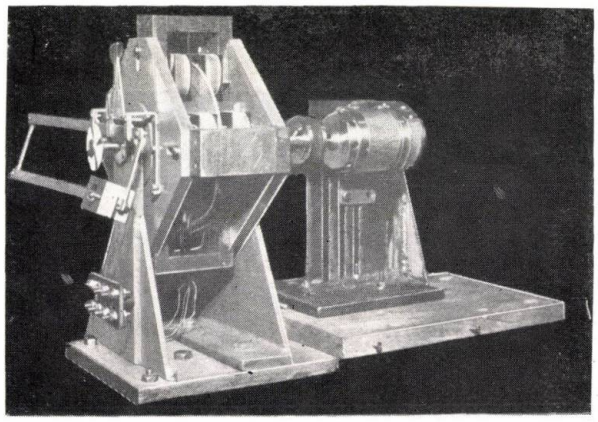


Fig. 8. Frînă cu disc Ferrari pentru determinarea puterii micromotoarelor.

Astfel, după echiparea corespunzătoare a unui laborator de aparate de joasă tensiune (fig. 6), s-a elaborat o serie unitară de siguranţe cu mare putere de rupere 100—630 A (fig. 7) şi s-a îmbunătăţit, prin reprofilare, seria unitară de siguranţe rapide şi inerte cu filet [21].

Pentru protecţia motoarelor asincrone contra mersului în două faze s-a elaborat (pe cale de invenţie a tov. ing. Hoppe E.) un releu antibifazic, cu performanţe ridicate, cumulînd şi funcţiile releelor termice şi electromagnetice. De asemenea, s-a elaborat un releu similar, complet static.

Pentru determinarea puterii utile a micromotoarelor s-a elaborat [22] o frînă cu disc Ferrari (fig. 8). Institutul de cercetări a contribuit la elaborarea seriei unitare de motoare asincrone, ale căror calităţi s-au prezentat în această revistă [23]. Contribuţii de bază s-au adus şi la proiectarea, respectiv elaborarea, seriei de motoare asincrone cu două turaţii (cu schimbarea numă-

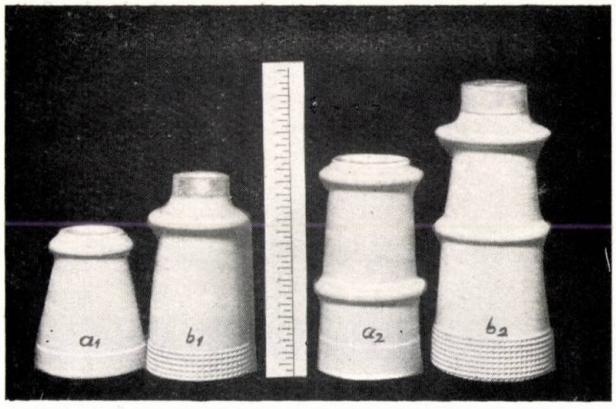


Fig. 9. Comparație între izolatoare cu armare interioară și exterioară :
a_1 și b_1 — pentru 10 kV ; a_2 și b_2 — pentru 20 kV.

rului de poli), cum și a seriei de transformatoare de rețea, proiectată de UEPC.
S-au cercetat și elaborat sisteme de răcire a transformatoarelor mari cu comandă automată, a ventilatoarelor, în funcție de parametrii de care depinde încălzirea [24]. De asemenea, s-au realizat răcitoare de mare putere cu circulația forțată a uleiului și suflare cu aer. S-au realizat țevi cu aripioare, după un procedeu tehnologic brevetat,

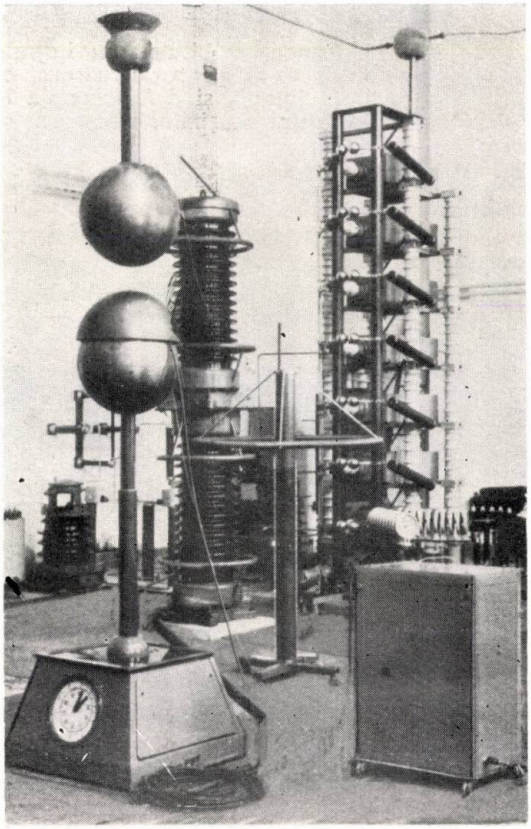


Fig. 10. Dispozitiv de tăiere a undei de tensiune cu o dispersie de 0,25 μs.

dintr-o țeavă de aluminiu masivă. S-a echipat un laborator pentru cercetarea zgomotului produs de mașini electrice și, după punerea la punct a metodelor de măsurare [25], s-au efectuat măsurări asupra unor motoare din fabricația curentă, făcîndu-se recomandări fabricilor pentru reducerea zgomotului.
S-a proiectat un stand cu un înalt grad de automatizare pentru încercarea mașinilor electrice ale locomotivei Diesel electrice de 2 100 CP, care se construiește la UEPC.
În domeniul înaltelor tensiuni cercetările s-au orientat spre rezolvarea unor probleme de fabricație pentru cercetarea cărora s-a dezvoltat o bază experimentală corespunzătoare [26, 27].
S-a elaborat o serie unitară de izolatoare-suport pînă la 35 kV (fig. 9), obținîndu-se o reducere a gabaritelor de 15—30% și a greutăților de 28—36% [28]. S-a cercetat experimental rigiditatea dielectrică la impuls de tensiune a unor dispozitive izolante sub ulei de transformator din materiale izolante fabricate în țară, între electrozi de diferite forme.
Pentru cercetarea comportării transformatoarelor la efectele trăsnetelor directe în stații, s-a elaborat o metodă de încercare cu unde de tensiune tăiate și cu un echipament special de laborator, cuprinzînd un dispozitiv de tăiere a undei și de sincronizare a oscilografului cu generatorul de impuls și cu eclatorul de tăiere. În figura 10 se reprezintă în primul plan dispozitivul de tăiere a undei, realizat de ICPE pentru UEPC, și care asigură tăierea undei după 2,5—4,1 μs, cu

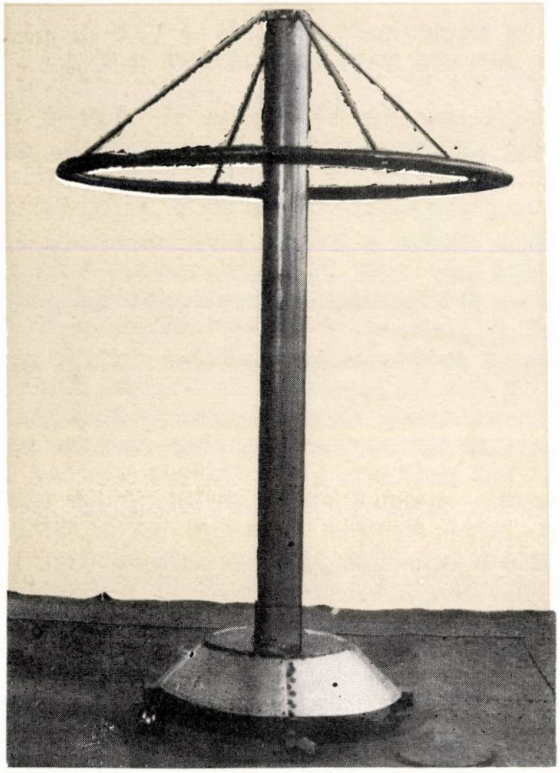


Fig. 11. Divizor de tensiune rezistiv de 750 kV cu timpul de răspuns de 50 ns.

o dispersie maximă de 0,25 μs. În figura 11 se arată un divizor de tensiune [29] realizat de ICPE, avînd un timp de răspuns de 50 ns la o rezistență de amortizare de 500 Ω. S-au mai

elaborat şunturi de 1 şi 2 Ω, cu un timp de răspuns de 20 ns pentru înregistrarea corectă a formei curentului de impuls. Cu acest echipament se poate asigura exactitatea măsurărilor cerută de Comisia Electrotehnică Internaţională (CEI). Comportarea la impuls de tensiune (fig. 12) a

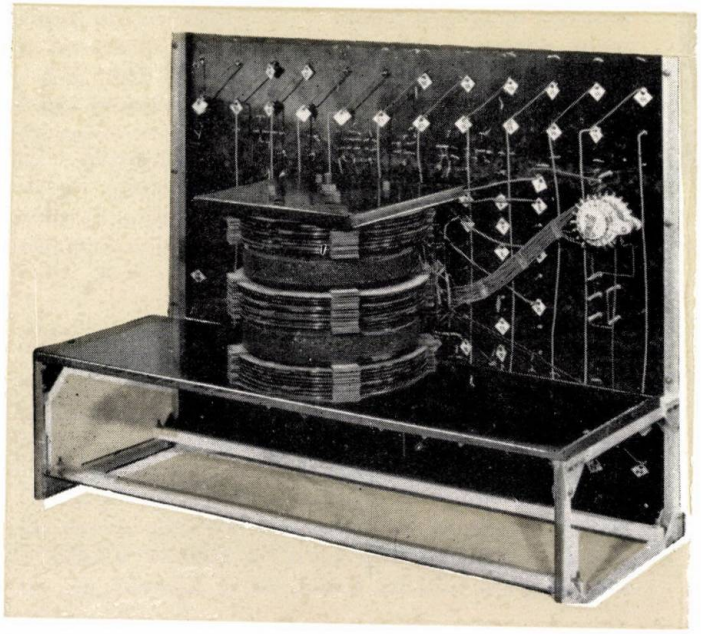


Fig. 12. Model electromagnetic al unui autotransformator de 60 MVA, 110 kW ± 20%.

transformatoarelor s-a studiat cu ajutorul modelelor electromagnetice, corespunzătoare concepţiilor noi [30]. În cazul mai multor variante ale unui autotransformator de 60 MVA, 110 kV ± 20%, studiul a permis predeterminarea solicitărilor care apar în transformator — la impuls — şi îmbunătăţiri constructive ale proiectului.

Pentru defectoscopia maşinilor electrice rotative cu ajutorul impulsului de tensiune, s-au realizat următoarele aparate speciale de încercare şi control al bobinajelor maşinilor electrice rotative: trei generatoare de impulsuri repetate, un generator cu două canale de 10 kV, cu osciloscraf inclus destinat studiului comportării la impuls a maşinilor electrice rotative (fig. 13), un generator cu un canal de 10 kV şi dispozitive auxiliare de încercare şi control pentru secţiunile motoarelor asincrone de 6 kV, înainte şi după introducerea lor în crestături, un generator cu două canale de 2 kV, cu osciloscraf inclus destinat să execute defectoscopii prin metoda suprapunerii impulsurilor pe două faze la maşinile rotative şi la transformatoare [31].

Cu ajutorul bazei materiale dezvoltate s-au întreprins cercetări pentru elaborarea unor aparate de înaltă tensiune cu performanţe superioare. S-au încercat siguranţe de înaltă tensiune într-un circuit oscilant, proiectat cu ajutorul unei maşini analogice de calcul [32], obţinîndu-se o majorare a puterii de rupere de la 200 la peste 400 MVA.

În domeniul acţionărilor electrice cercetări extinse s-au îndreptat spre acţionarea automată cu motoare de curent continuu, de curent alternativ, spre reglarea tensiunii generatoarelor sincrone

Fig. 13. Generator bicanal cu impulsuri repetate de 10 kV pentru cercetarea comportării la impuls şi defectoscopia înfăşurărilor maşinilor electrice.

şi spre elaborarea unor agregate speciale comandate static.

Pentru echiparea schemelor de automatizare a acţionărilor şi a unor procese tehnologice, s-a elaborat o serie unitară de amplificatoare magnetice de putere, cuprinzînd 16 mărimi cu puteri

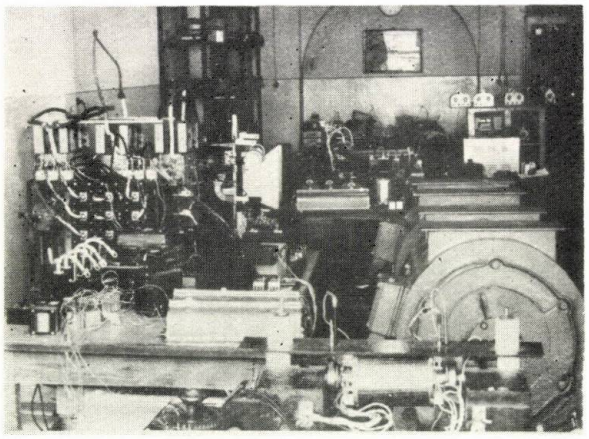


Fig. 14. Platformă de încercare a echipamentului de acţionare automatizată pentru instalaţia de foraj de 75 t cu motoare de curent continuu de 500 kW.

de la 10 VA pînă la 400 kVA [33, 34]. Seria caracterizată prin performanţe excepţionale [35] a fost asimilată în fabricaţie de întreprinderea „Electrotehnica" în anul 1962.

Pentru acţionarea cu grup generator-motor destinat tracţiunii Diesel electrice, s-au conceput soluţii originale automatizate, privind folosirea de :

— regulatoare electrice [36, 37] şi mecano-electrice [38], bazate pe eroarea turaţiei ;
— regulatoare electrohidraulice, bazate pe eroarea de injecţie [42, 43] ;
— regulatoare ale fluxului inductor [39, 40] şi ale frînării electrice [41] ;
— comenzi parametrice în circuit deschis [44].

Aceste soluţii au fost brevetate în ţară şi în străinătate. Unele au fost aplicate la automotoare Diesel electrice, cu bune rezultate [45, 46, 47, 48].

S-au cercetat şi realizat scheme pentru acţionarea reversibilă, inclusiv frînarea motoarelor de curent continuu (fig. 14), alimentate rotoric prin amplificatoare magnetice şi redresoare de putere [49, 50].

S-a studiat şi elaborat o schemă de comandă cu reglare continuă a turaţiei motoarelor asincrone cu inele şi în scurtcircuit, cu inversare şi frînare, fără elemente mobile şi fără deconectarea de la reţea. Prototipul executat şi încercat a confirmat rezultatele scontate. Se lucrează acum la introducerea lui pe obiective industriale (fig. 15).

În cadrul unor cercetări mai largi ale sistemelor de excitare a generatoarelor sincrone cu elemente statice, s-au elaborat regulatoarele de tensiune pentru hidrogeneratoarele UHE — Pîngăraţi, reprezentînd o soluţie modernă cu elemente de originalitate [52, 53]. Performanţele remarcabile, privind viteza de răspuns, dezexcitarea rapidă, fac ca aceste regulatoare să se situeze pe linia tehnicii moderne (fig. 16).

Ca urmare a unor cercetări privitoare la agregatele speciale, s-a dezvoltat o schemă şi un echipament prezentînd elemente originale de comandă şi reglare optimală [56] a tensiunii de alimentare a camerelor de precipitare a electrofiltrelor (fig. 17). Prototipul construit [57, 58] a fost omologat şi asimilat în fabricaţie de fabrica „Electrotehnica" [59]. Rezultatele obţinute în timpul exploatării de peste un an au dovedit că prototipul realizat este la înălţimea celor mai exigente cereri (fig. 18). Realizarea în ţară a electrofiltrelor comportă o economie foarte mare de valută.

S-a elaborat un agregat nou de sudură în curent continuu [60] cu elemente statice (amplificator magnetic, ventile cu Si), debitînd 350 A (fig. 19). Schema de comandă originală [61] permite obţinerea unor performanţe deosebite în comparaţie cu cele mai moderne soluţii similare.

La succesele lucrărilor de cercetare au contribuit cumularea cunoştinţelor şi experienţa colaboratorilor de diferite specialităţi.

Astfel, un colectiv larg de chimişti, fizicieni şi ingineri electronişti şi-au luat sarcina de a introduce în fabricaţie tranzistoare şi celule redresoare de putere pe bază de siliciu, din materii prime indigene. Se cunosc dificultăţile mari ale acestei probleme la care au lucrat ani de-a rîndul colective foarte mari de cercetători eruditi,

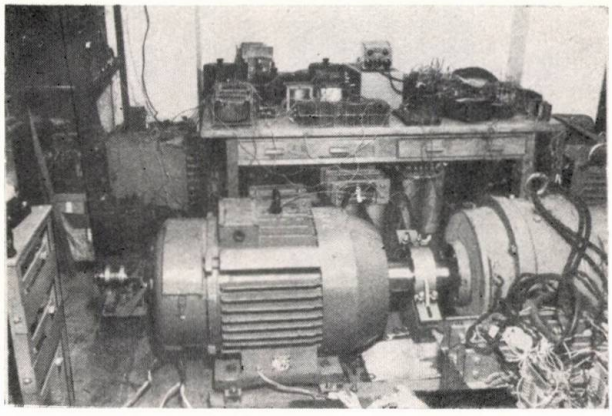


Fig 15. Platformă de încercare a echipamentului static de acţionare reversibilă la turaţie variabilă cu motoare asincrone.

în cele mai mari laboratoare din ţările industriale avansate. Dificultatea constă în informaţiile foarte reduse ce se găsesc în literatură asupra proceselor tehnologice de fabricaţie. După trei ani de cercetări asidue, colectivul a reuşit să elaboreze nu numai o gamă largă de tranzistoare cu Si [62], dar şi primele serii de celule redresoare de putere cu un curent nominal de

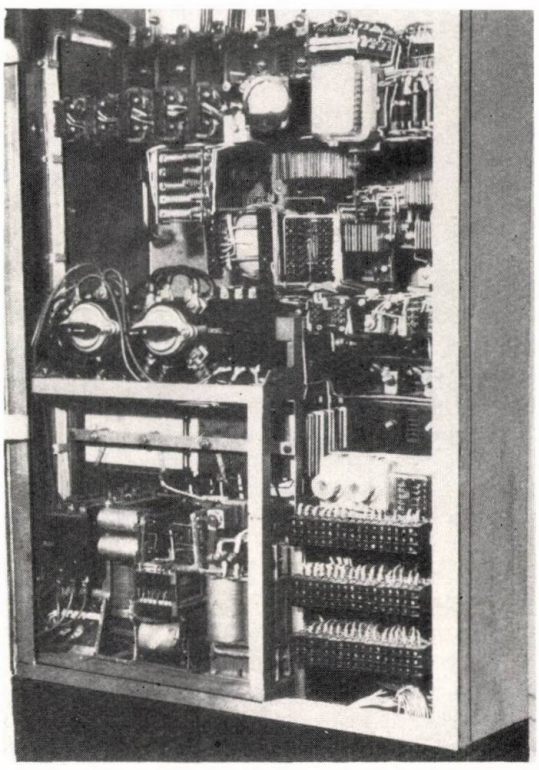


Fig. 16. — Panou cu echipamentul de comandă şi reglare automată a unui hidrogenerator.

50 A şi 200 A, 600 V tensiune inversă (fig. 20), cu performanţe similare celulelor străine curente [63].

În domeniul comenzilor automate, un colectiv mixt de electrotehnicieni şi electronişti a elaborat echipamentul de comandă automată, cu pro-

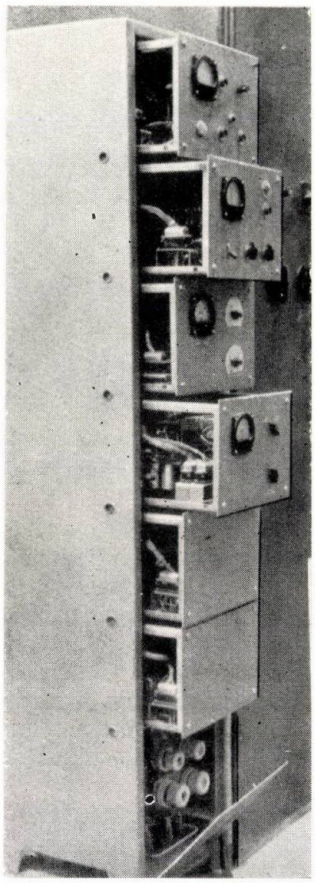


Fig. 17. Dulap de automatizare a agregatului de alimentare a electrofiltrului.

gram imprimat pe bandă magnetică a unui strung, ceea ce asigură o mărire a productivității muncii cu 350% la precizia de ± 4/100 mm, timpul de recuperare a investiției fiind de 7 luni.

Colaborarea dintre institutele de cercetări și întreprinderile industriale

Extinzînd experiența favorabilă a colaborării între colectivele mixte sau între secții de cercetare diferite, avînd în vedere și urmărirea asimilării în producție a rezultatelor cercetării, s-au organizat și încurajat colaborări din ce în ce mai strînse între colectivele din institutele de cercetări și serviciile de construcție și proiectare din întreprinderi, cu rezultate favorabile. Astfel, un colectiv de fizicieni, chimiști și electroniști din ICET a elaborat noi tipuri de redresoare cu seleniu cu performanțe superioare. S-a stabilit o colaborare strînsă cu colectivele din serviciile constructor șef și tehnolog șef din uzinele „Electromagnetica" și s-a reușit introducerea noilor tipuri de redresoare în fabricația curentă [65], într-un timp foarte scurt.

În continuarea lucrărilor de laborator pentru elaborarea unor rezistențe neliniare, la ICET, s-a stabilit o colaborare cu uzinele „Carbochim" — Cluj pentru introducerea în fabricația curentă a discurilor din carbură de siliciu, necesare construcției redresoarelor. În același timp, s-a elaborat la ICET seria unitară de descărcătoare cu rezistență variabilă de 6—110 kV, 10 kA. Printr-o colaborare strînsă cu colectivele din fabrica de aparate a UEPC s-a asimilat produsul în fabricație. Seria îndeplinește recomandările CEI și este comparabilă cu produsele similare din alte țări (fig. 21).

Seria unitară de izolatoare de suspensie cu capă din sticlă călită, pentru liniile de înaltă tensiune, s-a elaborat de către unele colective de cercetători din ICECHIM și ICET, și s-au realizat, pe baza unei materii prime și a unei tehnologii aplicate de fabricile de sticlă, pentru alte scopuri. Performanțele izolatoarelor ating nivelul mondial, relevîndu-se rezistența la tracțiune de 8 t, rezistența la un șoc termic de 100°C și la o variație bruscă a temperaturii de 70°C [66]. Printr-o colaborare cu Secția de materiale ICET și cu FCME, un colectiv de cercetători din Secția de curenți tari ICET a elaborat un prototip de transformator de putere antideflagrant (fig. 22), cu izolație de clasa H (din sticlă impregnată în lacuri siliconice). Carcasa s-a construit la UEPC, după proiectul ICET, iar încercările de omologare s-au făcut la Stația de cercetări pentru securitatea minieră de la Petroșani. Transformatorul ridică siguranța de exploatare în mine prin lipsa uleiului și realizează economii evaluate la 6 000 000 lei pe an prin eliminarea stațiilor subterane de transformare și scurtarea cablurilor de joasă tensiune.

Aparatura de telemecanică pentru obiecte dispersate — aplicată la sondele de petrol — tip AF-311 a fost inițiată de către ICET în colaborare cu Institutul de cercetări foraj și extracție din Cîmpina. Elaborarea soluției tehnice [67] s-a făcut de către un colectiv mic de electroniști și automatiști din ICET, iar partea de automatică locală, de către Institutul de proiectări instalații de automatizare. Construcția s-a elaborat și realizat de către uzina „Electromagnetica", în colaborare cu ICET, iar încercările în exploatare în vederea omologării, de către Schela Boldești și ICET [68].

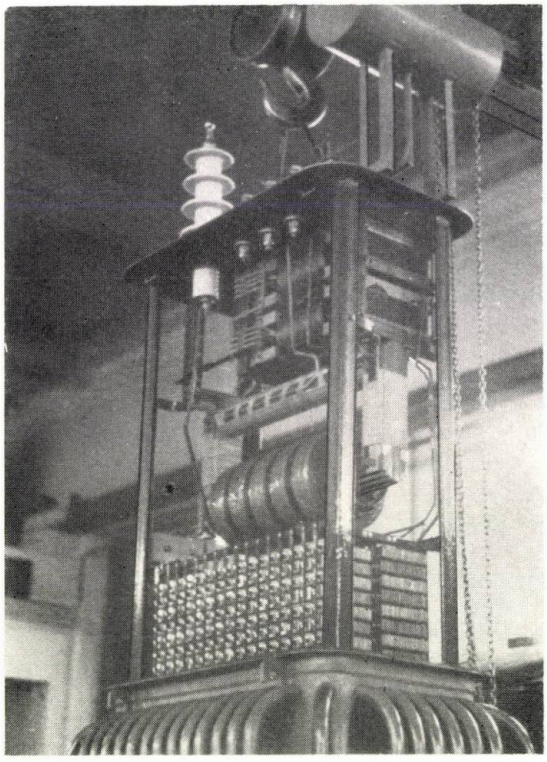


Fig. 18. Agregat de înaltă tensiune pentru alimentarea electrofiltrelor (decuvat) cuprinzînd (de sus în jos):
amplificator magnetic; transformator IT; redresor cu seleniu IT.

Colaborarea dintre colectivele de cercetări din institute și cele ale inginerilor din producție s-a

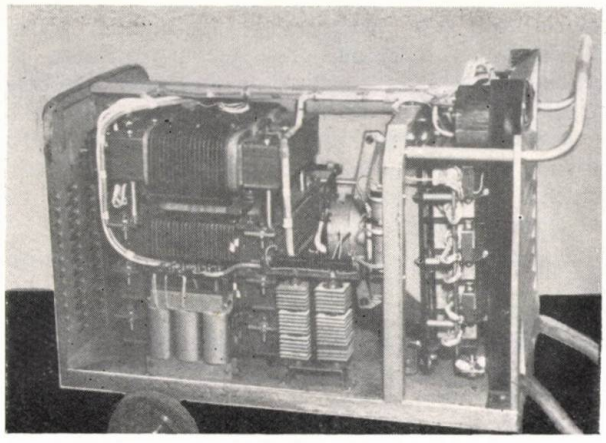


Fig. 19. Agregat de sudură cu redresoare cu siliciu.

desfăşurat uneori atît de strîns încît primele, după elaborarea unor materiale sau metode noi, au intrat şi au stat timp îndelungat în întreprinderi, pentru a pune la punct, împreună cu tehnologii din fabrici, proiectul tehnologic nou în condiţiile concrete ale producţiei.

Astfel, colectivul de elemente primare din secţia de materiale ICET, după elaborarea metodei de obţinere din materia primă indigenă oxid de mangan de mare activitate [69], s-a deplasat la fabrica „Electro-Banat" şi a asistat la întregul proces de asimilare în producţie a noului procedeu, care a ridicat considerabil durata de depozitare a bateriilor galvanice.

O serie unitară de condensatoare de putere a fost elaborată de un colectiv din ICET în anul 1958, proiectul şi prototipurile reprezentînd soluţii cu performanţe superioare [70], utilizîndu-se uleiul de condensator fabricat în ţară [71].

La o reproiectare, în anul 1960, s-a reuşit ca prin mărirea gradientului de lucru şi impregnarea în vid intens să se obţină indici de calitate (de greutate şi volum specific) cu circa 30% mai buni, adică la nivelul tehnicii mondiale [72]. De fiecare dată introducerea în fabricaţie s-a realizat în scurt timp, datorită unei colaborări exemplare cu colectivele de la FCME, în sarcina cărora a căzut asimilarea în producţie curentă a noilor serii.

Economiile realizate prin fabricarea acestor serii de condensatoare reproiectate sînt de ordinul cîtorva milioane de lei anual. Comportarea în exploatare a condensatoarelor este comparabilă cu a celor mai bune fabricate străine.

O colaborare remarcabilă s-a realizat şi între constructorii de maşini sincrone mari de la UEPC şi Catedra de maşini electrice a Institutului politehnic — Braşov, în urma căreia s-a elaborat, printr-o cercetare la înalt nivel ştiinţific, o metodă de calcul pentru dimensionarea înfăşurării de amortizare a maşinilor sincrone [73].

Pentru constatarea, în condiţiile concrete ale reţelei, a comportării întreruptoarelor de înaltă tensiune, s-au întreprins cercetări experimentale în reţeaua de 110 kV, la care au colaborat efectiv colective din IRME, ISPE, dispecerul energetic naţional, ICET, UEPC şi Institutul de energetică al Academiei R.P.R.

De la toate întreprinderile şi institutele colaboratoare s-au deplasat pe teren colective de specialişti, reuşindu-se prin cumularea bazei materiale şi a experienţei cadrelor tehnico-ştiinţifice, să se obţină înregistrări de înaltă calitate a fenomenelor tranzitorii şi să se interpreteze rezultatele experimentale [71] în folosul exploatării reţelelor şi al fabricilor constructoare de echipament [72].

Din cele relatate reiese clar că realizarea unei colaborări, fie în interiorul unor colective mixte, fie între secţii de specialitate diferită, între institute şi întreprinderi, duce la rezultate remarcabile, într-un timp relativ redus.

În domeniul omologării şi protecţiei climatice a produselor. O colaborare de mare anvergură se desfăşoară în prezent între întreprinderile din industria electrotehnică şi Secţia de climatizări-omologări din ICET. Pe de o parte, se cercetează şi se avizează acoperirile şi impregnările echipamentului electric, pentru a rezista la condiţii climatice deosebite, pe de altă parte, se verifică şi se omologhează produsele electrotehnice de orice fel.

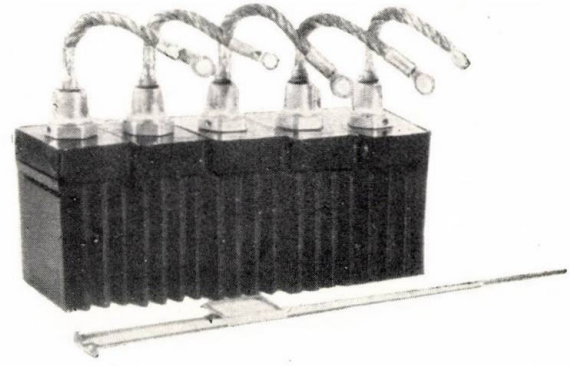


Fig. 20. Celule redresoare cu Si 50 A, 600 V.

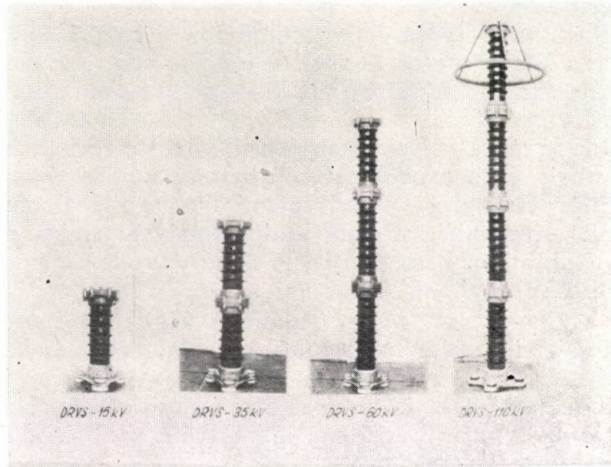


Fig. 21. Seria unitară de descărcătoare cu rezistenţă variabilă tip DRVS de 6—110 kV, 5 kA, fabricată de UEPC.

Datorită condiţiilor tehnice şi standardelor revizuite şi a existenţei acestui organ de verificare, independent de producţie, s-au îmbunătăţit substanţial unele produse care sînt în prezent comparabile cu nivelul tehnic mondial.

Introducerea tehnicii moderne este strîns legată de ridicarea nivelului tehnico-ştiinţific al cadrelor de toate categoriile. Orientarea justă a învă-

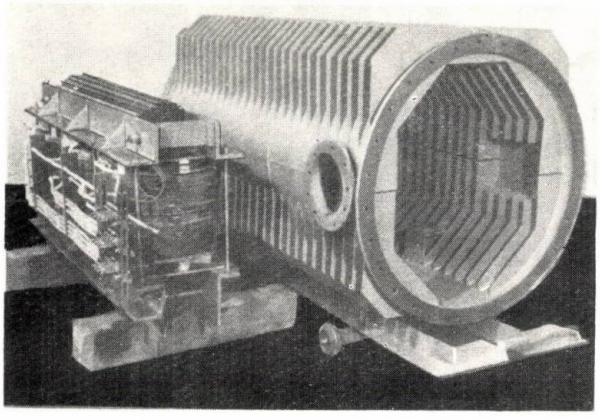


Fig. 22. Transformator uscat antideflagrant 200 kVA, cu izolaţia de clasa H.

ţămîntului superior, cu formele ei de înalt nivel, ca aspirantura şi candidatura, împreună cu achiziţia şi menţinerea la zi prin studiu individual a cunoştinţelor de specialitate, contribuie deopotrivă la atingerea acestui scop.

Printre mijloacele specifice de documentare a cadrelor de specialitate, *publicaţiile tehnico-ştiinţifice* au un rol foarte important. Prin grija partidului şi guvernului, editurile şi redacţiile noastre au pus la dispoziţia marilor mase de cititori o cantitate mare de publicaţii de toate categoriile şi pentru toate nivelurile. Domeniul electrotehnicii, electroenergeticii, a electronicii şi al telecomunicaţiilor electrice a beneficiat de o atenţie deosebită din partea editurilor şi a cititorilor. Au apărut enciclopedii tehnice, tratate teoretice, tehnice, tehnologice, broşuri de popularizare pentru tehnicieni, maiştri şi muncitori fruntaşi.

Prin colaborarea departamentelor şi a CCS-CNIT se editează peste 18 reviste tehnice centrale, dintre care următoarele în domeniile susamintite: „Electrotehnica", „Energetica", „Automatica şi Electronica", „Telecomunicaţii". Aceste reviste au reuşit, prin axarea activităţii lor pe linia planurilor de stat şi ţinînd seamă de nevoile directe ale producţiei, să contribuie efectiv la ridicarea nivelului tehnico-ştiinţific al cadrelor de ingineri şi tehnicieni.

Documentarea, această nouă şi importantă metodă, vine să uşureze munca de informare a cadrelor, prin punerea la dispoziţie a unor mijloace eficiente de înregistrare, identificare, selecţie şi livrare directă sau la cerere a materialului documentar specific.

Revista „Electrotehnica" a oglindit în cursul celor 11 ani de apariţie progresele realizate de industria noastră electrotehnică şi de cadrele de specialitate din institute şi întreprinderi. Dacă la începutul activităţii revistei majoritatea lucrărilor aveau în special un caracter teoretic, ştiinţific, în urma analizelor critice periodice şi a consultării cititorilor, s-a reuşit ca lucrările publicate să se orienteze spre problemele cele mai actuale ale producţiei, fără ca prin aceasta nivelul tehnico-ştiinţific al lor să scadă.

IDT a contribuit — prin forme variate de publicaţii şi de material documentar, ca: fişe bibliografice, o revistă de referate, bibliografii pe teme, caiete selective, sinteze documentare, caiete pentru schimbul de experienţă pentru instruirea cadrelor de nivel mediu — la ridicarea nivelului cunoştinţelor muncitorilor din industria electrotehnică.

Revista „Electrotehnica" a întărit activitatea de documentare prin publicarea sub formă de fişe bibliografice în cinci limbi a sumarului, cu scurte rezumate, prin publicarea regulată de recenzii, referate, cronici, brevete şi titluri documentare, toate clasificate zecimal, spre a uşura evidenţa şi identificarea lor după nevoile beneficiarilor.

Fără îndoială că numeroase succese pe linia introducerii tehnicii noi în industria electrotehnică se datoresc ridicării consecvente a nivelului cadrelor de specialitate din întreprinderi şi a cercetătorilor din institute.

Cercetarea tehnico-ştiinţifică în ajutorul producţiei electrotehnice

Din cele arătate reiese clar apropierea tot mai strînsă a cercetărilor tehnico-ştiinţifice de necesităţile producţiei electrotehnice. În acelaşi timp rezultă interdependenţa dintre nivelul ştiinţific industrial al cercetării şi rezolvării problemelor. Practica industrială mobilizează şi inspiră activitatea ştiinţifică pe căi concrete, cu aplicaţii asigurate. Industria profită direct de progresele ştiinţei care, într-un timp mult mai scurt decît înainte, ajung să influenţeze producţia.

Industria electrotehnică şi electronică se prezintă ca un sector în care această legătură dintre ştiinţă şi producţie este deosebit de strînsă şi fructuoasă. După cum s-a arătat, automatizarea echipamentului agregatelor şi a proceselor electrotehnice este mult uşurată de faptul că însăşi mecanizarea şi automatizarea au strînse contingenţe cu electrotehnica şi electronica. Electroniştii şi electrotehnicienii nu au dificultăţi în însuşirea metodelor moderne ale automaticii şi ciberneticii. S-a văzut că, de exemplu, la calculul cu maşina analogică a unor circuite oscilante de încercare la putere de rupere, circuitele modelate pe maşină au fost identice, excepţie făcînd valorile numerice cu circuitele concrete.

Toate aceste dovezi confimă caracterul de forţă productivă al ştiinţei, enunţat încă de Marx, şi confirmat de Manifestul Consfătuirii Partidelor Comuniste şi Muncitoreşti din toate ţările întrunite la Moscova în anul 1960.

Bibliografie

[1] *Ghiță, N.* Progresul industriei electrotehnice în R.P.R. În: Electrotehnica *10*, nr. 6, 1962, p. 191—195.

[2] *Avramescu, A.* Calculul încălzirii staționare a contactelor electrice. În: Electrotehnica *1*, nr. 9, 1962, p. 25—35.

[3] *Cosmin, Gh.* Tendințe moderne în construcția aparatajului pentru instalații interioare în locuințe. În: Electrotehnica *10*, nr. 1, 1962, p. 11—17.

[4] *Cosmin, Gh.* Determinarea dimensiunilor optime ale electromagneților de curent alternativ monofazat. În: Electrotehnica *8*, nr. 11, 1960, p. 379—385.

[5] *Cosmin, Gh. și Tomoiagă, R.* Contribuții la calculul releelor termice pentru protecția motoarelor. În: Electrotehnica *8*, nr. 7, 1960, p. 233—243.

[6] *Engher, E. și Darie, R.* Contactoare cu rezistență mărită la uzură. În: Electrotehnica *9*, nr. 8, 1961, p. 273—280.

[7] *Hortopan, Gh.* Generatorul de impuls pentru încercarea transformatoarelor. În: Electrotehnica *6*, nr. 11, 1958, p. 401—406.

[8] *Hortopan, Gh.* Dispozitiv pentru sincronizarea generatorului de impuls de tensiune cu osciloscraful catodic. În: Electrotehnica *6*, nr. 4, 1958, p. 126—130.

[9] *Costina, D., Marx, A. și Mathé, B.* Studii experimentale privind nivelul de izolare la impuls de tensiune a seriei noi de transformatoare de 110 kV. În: Electrotehnica 7, nr. 11, 1959, p. 388—395.

[10] *Grosu, St. și Stanciu, V.* Recomandări privind îmbunătățirea normelor de încercare a transformatoarelor. În: Electrotehnica *10*, nr. 6, 1962, nica *10*, nr. 6, 1962, p. 226—230.

[11] *Hortopan, Gh.* Contribuția Institutului de cercercetări electrotehnice la rezolvarea problemelor de încercare la impuls. În: Electrotehnica, 16, nr. 6, 1962, p. 226—230.

[12] *Mîrzan, E.* A III-a sesiune de comunicări tehnico-științifice a UEPC. În: Electrotehnica *11*, nr. 9, 1963, p. 355—360.

[13] *Avramescu, A., Popescu, C. și Mehedinți, D.* Instalația de încercare a magneților permanenți. OPED, București, 1957. Com. Congres Electricieni nr. 24, 02, 1957.

[14] *Ivașcu, V., Rozemberg, M., Tanach, V.* și *Cîrlan, L.* Miezuri magnetice de ferită pentru aplicații în electrotehnică, automatică și telecomunicații. În: Electrotehnica *8*, nr. 7, 1960, p. 246—254.

[15] *Fugaru, C.* și *Nistor, Gh.* Tratamentul termic al tolei silicioase laminată la rece cu pierderi reduse, folosită în industria electrotehnică. În: Electrotehnica *10*, nr. 11, 1962, p. 411—419.

[16] *Baștiurea, Gh.* Transformatoare de curent izolate în rășini de turnare. În: Electrotehnica *10*, nr. 2, 1963, p. 58—66.

[17] *Avramescu, A., Barbu, I. și Fugaru, C.* Materiale pentru contacte de întrerupere rezistente la uzură. În: Electrotehnica *8*, nr. 12, 1960, p. 426—436.

[18] *Fugaru, C. și Barbu, I.* Tehnologia contactelor electrice placate. În: Electrotehnica *9*, nr. 2, 1961, p. 50—59.

[19] *Barbu, I.* Dispozitive și aparate pentru încercarea la uzură a contactelor și aparatelor de comutație. În: Electrotehnica *9*, nr. 4, 1961, p. 136—140.

[20] *Hortopan, Gh.* Comutator-program pentru încercarea aparatajului de comutație. În: Electrotehnica 7, nr. 4, 1959, p. 135, 139.

[21] *Barbu, I.* Construcția și tehnologia seriei unitare de patroane fuzibile rapide cu filet de joasă tensiune de 60—100 A. În: Electrotehnica *10*, nr. 7, 1962, p. 256—265.

[22] *Bichir, N.* Frînă electromagnetică de curenți turbionari. În: Electrotehnica 7, nr. 7, 1959, p. 249—252.

[23] *Lefter, V. și Liuba, V.* Seria unitară de motoare asincrone de 0,8—100 kW. În: Electrotehnica *12*, nr. 1—2, 1964, p. 59—66.

[24] *Bichir, N.* Comanda răcirii forțate a transformatoarelor mari. În: Electrotehnica *10*, nr. 5, 1962, p. 174—180.

[25] *Bichir, N.* Studiul zgomotului mașinilor electrice. În: Electrotehnica *11*, nr. 11—12, 1963, p. 440—445.

[26] *Șerbănescu, B.* Determinarea cîmpurilor electrostatice în transformatoare cu ajutorul băii electrolitice. În: Electrotehnica *8*, nr. 8, 1960, p. 286—293.

[27] *Hortopan, Gh.* și *Marinescu, I.* O stație de încercări directe în rețeaua de înaltă tensiune. În: Electrotehnica *9*, nr. 10, 1961, p. 346—350.

[28] *Popescu, Ch. și Tănăsescu, Fl.* Proiectarea izolatoarelor-suport pînă la 35 kV fabricate în R.P.R. În: Electrotehnica *8*, nr. 5, 1963, p. 160—171.

[29] *Hortopan, Gh.* Timpul de răspuns al unui divizor de tensiune ecranat. În: Electrotehnica *11*, nr. 9, 1963, p. 328—333.

[30] *Hortopan, Gh.* și *Vascan, Th.* Practica modelării transformatoarelor. În: Electrotehnica *9*, nr. 12, 1961, p. 432—439.

[31] *Cleja, V.* și *Vascan, Th.* Generator de impulsuri repetate pentru studiul comportării la impuls și defectoscopia mașinilor electrice rotative. În: Electrotehnica *11*, nr. 5, 1963, p. 180—188.

[32] *Marinescu, I., Tătaru, N. și Popov, N.* Folosirea calculatorului analogic la rezolvarea circuitelor cu 3 și 4 acumulatoare de energie. În: Electrotehnica *9*, nr. 10, 1961, p. 351—357.

[33] *Marinescu, I.* Încercarea la puterea de de rupere a siguranțelor de înaltă tensiune în circuit oscilant. În: Electrotehnica *11*, nr. 7, 1963, p. 259—265.

[34] *Fințescu, D.* Seria unitară de amplificatoare magnetice ICET. În: Electrotehnica *12*, nr. 1—2, 1964, p. 67—68.

[35] *Fințescu, D., Șerbănescu, B. și Zăroni, R.* Seria unitară de amplificatoare magnetice de putere. Sesiunea de comunicări tehnico-științifice ICET, vol. I. București, Editura IDT, 1962, p. 124—133.

[36] *Fințescu, D.* și *Zăroni, R.* Sistem de comandă și reglare automată pentru acționarea Diesel-electrică. Oficiul de stat pentru invenții, D 41559.

[37] *Fințescu, D.* și *Zăroni, R.* Procedeu de reducere automată a vitezei de rotație și a injecției de combustibil a motorului Diesel în regimul de limitare a tensiunii și a curentului generatorului principal de acționare Diesel electrică. Oficiul de stat pentru invenții, D 42142.

[38] *Fințescu, D.* și *Zăroni, R.* Sistem de comandă a admisiei motorului Diesel în acționarea Diesel electrică sau turboelectrică și de comandă automată a excitației generatorului electric de tracțiune. Oficiul de stat pentru invenții, D 41895.

[39] *Finţescu, D. şi Zăroni, R.* Sistem de comandă a transmisiei electrice în acţionarea Diesel electrică sau turboelectrică. Oficiul de stat pentru invenţii, D 41835.

[40] *Finţescu, D. şi Zăroni, R.* Schema funcţională a unui nou sistem de comandă şi reglare automată pentru acţionarea cu motor termic şi transmisie electrică. În: Automatica şi Electronica 2, nr. 2, 1958, p. 56—73.

[41] *Finţescu, D. şi Zăroni, R.* Sistem de frînare dinamică pentru vehicule cu acţionare Diesel electrică sau turboelectrică. Oficiul de stat pentru invenţii, D. 42056.

[42] *Finţescu, D. şi Zăroni, R.* Sistem de comandă electrohidraulică a admisiei motorului termic şi de comandă automată a excitaţiei generatorului electric în tracţiunea cu motor termic şi transmisie electrică. Oficiul de stat pentru invenţii, D 42996.

[43] *Finţescu, D. şi Zăroni, R.* Regulator hidromecanic de admisie a motorului termic şi de excitaţie a generatorului electric în acţionarea Diesel electrică sau turboelectrică. Oficiul de stat pentru invenţii, D 42696.

[44] *Finţescu, D. Zăroni, R.* Sistem de comandă a excitaţiei generatorului electric în acţionarea cu motor termic şi transmisie electrică. Oficiul de stat pentru invenţii, D 43057.

[45] *Finţescu, D. şi Zăroni, R.* Automation Equipment with Magnetic Amplifiers for the Diesel electric Railcar CFR 501. Procedings of the first International Federation of Automatic Control. Londra, Butterworth, 1960, p. 203—207.

[46] *Finţescu, D. şi Zăroni, R.* Realizarea automatizării conducerii şi reglării unui echipament Diesel electric pentru tracţiunea feroviară. În: Metalurgia şi Construcţia de Maşini *10*, nr. 5, 1958, p. 679—686.

[47] *Ciortan, P.* Consideraţii asupra schemelor romîneşti de automatizare a acţionării Diesel electrice în tracţiunea feroviară. În: Revista Căilor Ferate 7, nr. 12, 1959, p. 653—660.

[48] *Bogoiavlenski.* Disscusion the paper: Automation equipment with magnetic amplifiers firthe Diesel electric Railcar CFR 501. Procedings of the first International Federation of. Automatic Control. Londra, Buttherworth, 1960, p. 206—207.

[49] *Finţescu, D., Zăroni, R., Dan, I. şi Lapedatu, E.* Sistem de comandă pentru motoare de curent continuu. Oficiul de stat pentru invenţii, D 46339.

[50] *Finţescu, D., Dan, I., Zăroni, R. şi Lapedatu, E.* Automatizarea acţionării cu motoare de curent continuu pentru echipamente de foraj. În Electrotehnica *11*, nr. 8, 1963, p. 299—309.

[51] *Finţescu, D.* Regulatoare automate de tensiune şi putere reactivă pentru hidrogeneratoare (în curs de apariţie).

[52] *Finţescu, D.* Sistem de reglare automată a tensiunii pentru alternatoare. Oficiul de stat pentru invenţii, D 46463.

[53] *Finţescu, D.* Sistem de dezexcitare automată rapidă. Oficiul de stat pentru invenţii.

[54] *Finţescu, D.* Dispozitiv de protecţie pentru motoare asincrone. Oficiul de stat pentru invenţii, D 46464.

[55] *Bleisteiner, G., Mangoldt, W.* Handbuck der Regelungstechnik. Berlin — Göttingen — Heidelberg, Springer Verlag, 1961.

[56] *Finţescu, D. şi Zăroni, R.* Echipament de automatizare pentru electrofiltre. Oficiul de stat pentru invenţii, D 46772.

[57] *Finţescu, D. şi Zăroni, R.* Echipament de automatizare pentru electrofiltre. Probleme de automatizare, vol. *V*. Bucureşti, Editura Academiei, 1963, p. 89—101.

[58] *Finţescu, D., Zăroni, R., Şerbănescu, B., Herlea, A. şi Lapedatu, E.* Echipament electric pentru electrofiltre. În: Electrotehnica *11*, nr. 9, 1963, p. 333—343.

[59] *Laudă, Gh. şi Ştefănescu, Fl.* Echipament electric pentru electrofiltre. În: Electrotehnica *12*, nr. 1—2, 1964, p. 68—70.

[60] *Finţescu, D.* Agregat de sudură static cu ventile de siliciu (în curs de apariţie).

[61] *Finţescu, D. şi Lapedatu, E.* Agregat de sudură static în curent continuu. Oficiul de stat pentru invenţii, D 46340.

[62] *Mircea, A. şi Stoenescu, M.* Tranzistoare cu siliciu aliate. În: Electrotehnica *10*, nr. 2—3, 1962, p. 52—59.

[63] *Alper, S., Comşa, G., Grănescu, S., Lupaş, O., Mircea, A., Schiteanu, I. şi Stoenescu, M.* Modelul experimental al celulei redresoare de putere cu Si, ICPE. Lucrări prezentate la a III-a Sesiune tehnico-ştiinţifică, vol. I. Bucureşti, IDT, 1962.

[64] *Donici, S. şi Mihăescu, M.* Descărcătoare cu rezistenţă variabilă construite în ţara noastră. În: Electrotehnica *5*, nr. 8, 1957, p. 237—245.

[65] *Mozes, G., Lapedatu, E., Zaharia, C., Friedman, A., Arabian, L., Radu, O., Bartaş, V. şi Dedulescu, L.* Noi tipuri de celule redresoare cu seleniu. În: Electrotehnica *10*, nr. 2—3, 1962, p. 72—86.

[66] *Popescu, Ch., Tănăsescu, Fl., Tenţulescu, D. şi Goldemberg, I.* Cercetări asupra fabricării în R.P.R. a izolatoarelor de suspensie cu capă din sticlă călită. În: Electrotehnica *11*, nr. 1, 1963, p. 14—22.

[67] *Duma, M., Steiner, M., Negreanu, D., Lilcău, L., Dumitrescu, M. şi Neagu, V.* Sistem telemecanic complex pentru obiecte dispersate la mică distanţă cu aplicarea la sondele petroliere. Probleme de automatizare, IV. Bucureşti, Editura Academiei R.P.R., 1961.

[68] *Duma, M. şi Felea, I.* Aparatura automată de telecontrol al stării unui ansamblu de obiecte dispersate. În: Automatica şi Electronica 7, nr. 3, 1963, p. 111—113.

[69] *Barosu, M., Enăchescu, C. şi Melehova, E.* Contribuţie la modernizarea elementului galvanic tip Zn-MO_2. În: Electrotehnica *8*, nr. 6, 1960, p. 199—209.

[70] *Bercu, A.* Condensatoare pentru îmbunătăţirea factorului de putere, realizate la ICET. În: Electrotehnica *6*, nr. 10, 1958, p. 386—393.

[71] *Bercu, A. şi Podani, E.* Caracteristicile dielectrice ale uleiului romînesc de condensator. În: Electrotehnica *8*, nr. 6, 1960, p. 193—199.

[72] *Bercu, A.* Seria unitară de condensatoare de forţă de joasă şi medie tensiune. În: Electrotehnica *10*, nr. 10, p. 383—390.

[73] *Nicolaide, A.* Calculul parametrilor înfăşurărilor de amortizare ale maşinilor electrice sincrone cu poli aparenţi. În: Electrotehnica *11*, nr. 1, 1963, p. 1—10.

[74] *Ionaşcu, A., Popa, B. şi Tendler, M.* Încercări în sistem pentru determinarea comportării întreruptorului IUP-110 la declanşarea liniilor în gol şi la ruperea curenţilor de scurtcircuit. În: Electrotehnica *11*, nr. 7, 1963, p. 373—385.

[75] *Mathé, B., Cîrstea, D., Orezeanu, E. şi Pănoiu, D.* Cercetarea capacităţii de comutaţie a întreruptorului IUP-110 în condiţii de laborator şi de reţea (în curs de apariţie).

Realizări tehnice deosebite la uzinele „Electroputere"—Craiova

Vladimir Popovici şi **Alexandru Heinrich** *—Craiova

CZ 621.312:621.313/16 UEPC

Concomitent cu dezvoltarea industriei electrotehnice din R.P.R., în decursul celor 15 ani de la înfiinţare, s-a dezvoltat şi uzina „Electroputere" din Craiova, ajungînd la sfîrşitul perioadei amintite cea mai mare unitate a industriei electrotehnice şi una dintre uzinele cele mai mari din ţara noastră.

Prin grija conducerii partidului şi statului nostru, uzina s-a dezvoltat în mod impetuos şi a fost dotată cu cadre tehnice bine pregătite şi cu utilaje moderne, ceea ce a creat condiţii pentru realizarea la nivelul tehnicii mondiale a produselor din profilul uzinei.

În cele ce urmează se vor înfăţişa realizările tehnice cele mai noi ale uzinei în privinţa ridicării nivelului tehnic al produselor la nivelul atins de cele mai bune produse similare ale firmelor străine. Ţinînd seamă de profilul uzinei, problemele sînt grupate pe cele patru ramuri principale de activitate ale uzinei, şi anume: maşini electrice rotative, locomotive Diesel electrice, transformatoare de putere şi aparataj de înaltă tensiune.

I. Maşini electrice rotative

În domeniul fabricaţiei maşinilor electrice rotative, pe linia îmbunătăţirii calităţii acestor maşini şi reducerii preţului de cost, uzina „Electroputere" a elaborat noi serii de motoare de 100—1 000 kW, la nivelul tehnicii mondiale.

Prin seriile unitare noi, bazate pe experienţa proprie anterioară şi realizate cu materiale moderne, s-a ajuns la un nivel de proiectare superior, iar organizarea fabricaţiei s-a simplificat. În prezent au fost introduse în fabricaţie seriile de motoare asincrone protejate P21-P22 şi închise P33, seria unitară de maşini sincrone şi o serie originală de compensatoare cu colector, cu excitaţie rotorică, destinate compensării factorului de putere a motoarelor asincrone, cu rotor bobinat de puteri 250—2 000 kW.

Prin trecerea la fabricaţia seriilor unitare s-au obţinut avantaje substanţiale, ca:

— reducerea consumurilor specifice de materiale şi, în special, a sortimentului de aprovizionare;
— stabilirea unei tehnologii mai raţionale prin tipizarea reperelor în scopul dotării la maximum a fabricaţiei cu scule, dispozitive şi verificatoare;
— acoperirea raţională a întregii game de puteri, tensiuni şi turaţii, prin respectarea strictă a unei scări unice de puteri şi turaţii, în curs de generalizare prin C.A.E.R. pentru introducerea unei ordini atît în gama motoarelor electrice, cît şi în gama utilajelor acţionate;
— unificarea formei de execuţie şi a dimensiunilor de montaj, ceea ce uşurează înlocuirile de motoare defectate în cursul exploatării lor şi micşorează numărul de motoare rezervă, pentru asigurarea continuităţii instalaţiilor şi agregatelor de mare importanţă.

1. Seria unitară de motoare asincrone. Proiectarea seriei unitare de motoare asincrone a ridicat probleme noi în faţa colectivului de proiectanţi ai fabricii de maşini electronice rotative. Într-adevăr, elaborarea seriei unitare, afară de problema realizării unor maşini economice şi cu performanţe ridicate, a impus stabilirea unor relaţii dimensionale între toate maşinile din serie, pentru a se asigura uniformitatea performanţelor lor care să permită realizarea unor construcţii cu caracteristici unitare.

Seria unitară de motoare asincrone de 100—1 000 kW s-a realizat adoptînd scara de puteri recomandată de C.A.E.R., care are la bază şirul de numere normale cu raţia $\cong$ 1,26, şi anume: 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800 şi 1 000 kW.

Scara tensiunii adoptată a fost, de asemenea, cea recomandată de C.A.E.R.: 220/380 V, 380 V, 500 V şi 6 000 V. Seria a fost elaborată pentru turaţiile 500—1 500 rot/min.

În scopul satisfacerii celor mai variate condiţii de exploatare, seria a fost concepută în următoarele tipuri:
a) motoare în scurtcircuit cu bare înalte de Al;
b) motoare în scurtcircuit cu bare înalte de Cu;
c) motoare cu rotorul bobinat cu scurtcircuitor şi ridicător de perii;
d) motoare cu rotorul bobinat cu periile permanent aplicate pe inelele colectoare.

Tot pe linia extinderii domeniilor de folosire a motoarelor din noua serie s-a avut în vedere realizarea lor pentru funcţionarea în condiţii speciale, ca de exemplu:

— funcţionarea în aer liber (numai motoare în protecţie P33);
— funcţionarea în medii acide;
— funcţionarea în medii alcaline;
— funcţionarea în climat TH şi TA;
— funcţionarea în mediu grizutos;
— funcţionarea în mediu exploziv.

Din punct de vedere constructiv, seria a fost repartizată pe patru gabarite: 650, 740, 850 şi 990 mm.

Gabaritele 650 şi 740 au fost proiectate în protecţie P22 cu ventilaţie axială (fig. 1), iar gabaritele 850 şi 990 în protecţie P21 cu ventilaţie radială în scopul obţinerii unei mai bune ventilări a maşinilor mari şi avînd în vedere că aceste maşini se instalează în încăperi închise.

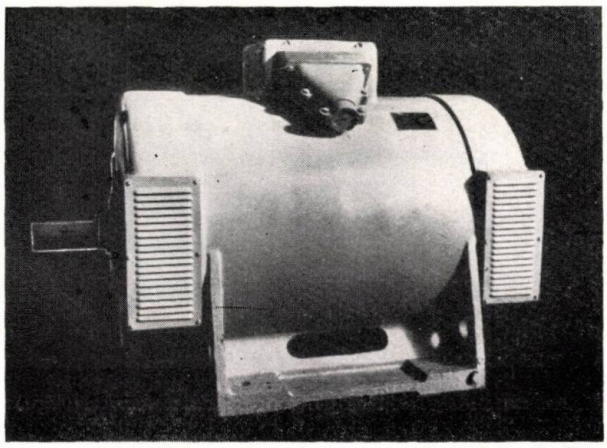


Fig. 1. Motor asincron cu rotor în scurtcircuit, de 250 kW, 1 500 rot/min, protecţie P22.

* Ing. *V. Popovici* şi ing. *Al. Heinrich* sînt directori tehnici la uzinele „Electroputere"-Craiova.

Mașinile de joasă tensiune în protecție P33 (cu nervuri) sînt prevăzute cu un ventilator exterior ce suflă pe suprafața exterioară a carcasei și o ventilație axială interioară (fig. 2). Mașinile de

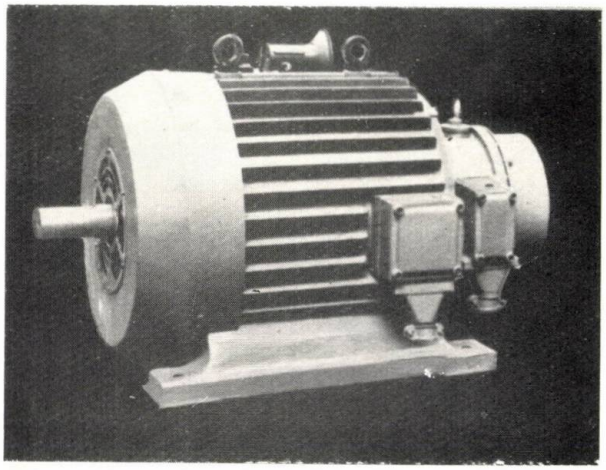


Fig. 2. Motor asincron cu rotor cu inele de 125 kW, 750 rot/min, protecție P33.

înaltă tensiune în protecție P33 prezintă două circuite de ventilație: un circuit exterior prin țevi și unul interior printre țevi (fig. 3).

În gabaritul 650 se realizează numai motoare de joasă tensiune pînă la 500 V, iar în gabaritele 850 și 990, numai motoare de 6 000 V.

În gabaritul 740, motoarele de 1 500, 1 000 și 750 rot/min se realizează la 6 kV, iar motoarele la 600 și 500 rot/min se realizează la joasă tensiune.

Repartizarea pe gabarite și lungimi s-a făcut urmărindu-se obținerea unor motoare cu consumuri specifice mici și preț de cost scăzut (fig. 4, 5, 6).

La motoarele de joasă tensiune, pentru bobinajul statoric se folosesc conductori rotunzi izo-

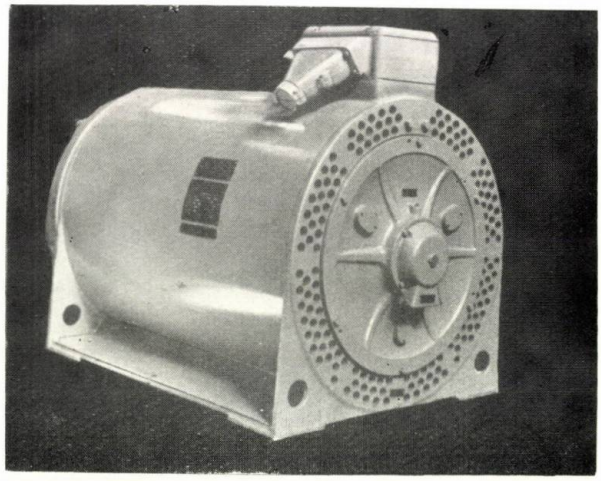


Fig. 3. Motor asincron cu rotor în scurtcircuit de 320 kW, 1 500 rot/min, protecție P33.

lați cu lac tereftalic sau conductori profilați izolați cu lac tereftalic și sticlă.

Bobinajul rotoric este realizat cu conductori de cupru izolați pe porțiunea activă cu micafoliu și hîrtie electroizolantă sau din conductori izolați cu lac tereftalic și fire de sticlă.

Rotoarele în scurtcircuit se execută cu bare înalte de Cu sau Al.

La motoare de înaltă tensiune, bobinajul statoric este bobinat numai cu conductori profilați izolați cu lac tereftalic și sticlă.

Motoarele în protecție P21 și P22, din seria unitară, gabaritul 650 și 740, sînt executate cu carcasă și scuturi în construcție turnată, soluție care prezintă avantaje la gabarite mai mici. Scuturile asigură pătrunderea și ieșirea aerului prin deschideri largi, iar construcția lor permite crearea unei camere de aer în jurul ventilatorului asigurînd evacuarea lui pe toată circumferința acestuia. În felul acesta se realizează o sporire considerabilă a debitului ventilatorului.

Motoarele din gabaritele 850 și 990 se execută cu carcasă în construcție sudată și scuturi turnate din fontă.

2. *Seria unitară de mașini sincrone.* Seria unitară de mașini sincrone cuprinde motoare și ge-

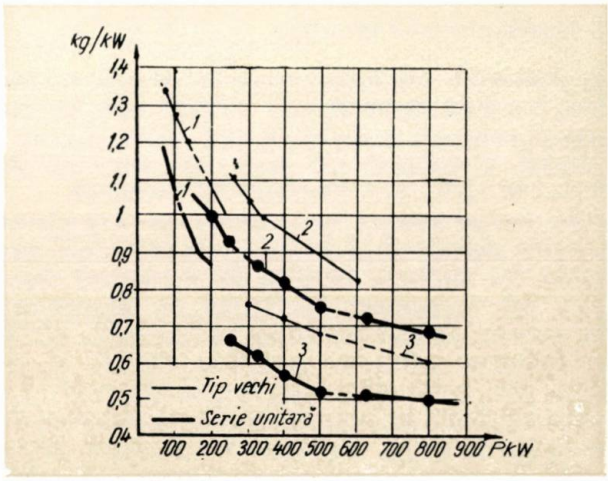


Fig. 4. Consum specific de cupru la motoare asincrone de protecție P21, P22:
1 — 0,5 kV, 750 rot/min; *2* — 6 kV, 750 rot/min; *3* — 6 kV, 1500 rot/min.

neratoare sincrone de putere 220—1 000 kV, 500—1 500 rot/min.

Motoarele sincrone au aceeași gamă de tensiuni, puteri și turații ca cele asincrone. Generatoarele sincrone au aceeași construcție ca și motoarele sincrone, avînd schimbat numai bobinajul stator și înfășurarea de amortizare.

Gama lor de puteri experimentată în kVA pentru a corespunde cu a motoarelor în kW este decalată cu $\frac{1}{\cos \varphi} = 1{,}11$.

Pentru a se realiza aceeași construcție la ambele mașini, factorul de putere al motoarelor este $\cos \varphi = 0{,}9$ capacitiv, iar al generatoarelor, $\cos \varphi = 0{,}8$ inductiv.

Caracteristicile constructive comune ale acestor motoare sînt:

— statorul este construit din tablă cu permeabilitate ridicată și cu un bobinaj cu izolație superioară de email tereftalic și fire de sticlă;

— rotorul are poli lamelați, cu colivie, ceea ce asigură un cuplu bun de pornire și intrare în sincronism în situația de motor sincron, iar în situația de generator, o amortizare eficientă ;
— bobinajul rotor din bandă de cupru electrolitic, este bobinat pe muchie, izolat cu azbest și

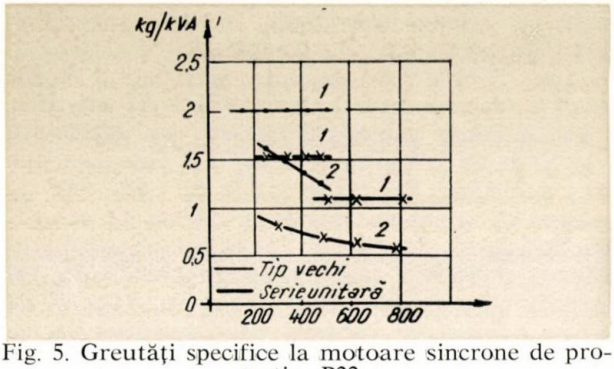


Fig. 5. Greutăți specifice la motoare sincrone de protecție P22 :
1 — greutatea specifică a fierului activ la 750 rot/min ; *2* — greutatea specifică a cuprului la 750 rot/min.

consolidat cu rășini de calitate superioară, ca : poliester, electropastă etc., fapt care îi asigură o deosebită rezistență mecanică ;
— excitația este asigurată de o excitatrice montată pe același ax cu mașina principală, dimensionată pentru o rezervă de excitație de 50—100%, ceea ce asigură posibilități mari de forțare a excitației. Bobinajele ei sînt din cupru electrolitic izolat cu materiale izolante de clase superioare : email tereftalic, benzi de sticlă etc.
Construcția și performanțele mașinilor sînt la nivelul tehnicii mondiale din acest domeniu.
3. Seria de compensatoare de fază. Avînd în vedere că folosirea motoarelor sincrone este totuși limitată, pentru a asigura compensarea factorului de putere la motoarele asincrone s-a acordat o atenție deosebită elaborării unei serii moderne de compensatoare de fază, corespunzătoare tuturor tipurilor de motoare asincrone fabricate la UEPC.
Cele 25 de tipuri ale noii serii de compensatoare au puteri cuprinse între 3,2 și 20 kVA și sînt construite pentru curenți de 250, 320, 400, 500 și 600 A (fig. 7). Pentru scara puterilor a fost aleasă rația de aproximativ 1,26, care se utilizează și la seria unitară de motoare asincrone.
Condițiile mai bune de comutație și perfecționările aduse construcției, în special la colector și la sistemul de portperii, au permis creșterea turației față de vechea serie, ceea ce a contribuit la reducerea consumurilor de materiale active.
În vederea unei cît mai raționale utilizări a materialelor, a simplificării și perfecționării tehnologiei de fabricație, concomitent cu mărirea siguranței și comodității exploatării, au fost luate numeroase măsuri constructive.
Astfel, în vederea intensificării ventilației colectorului, s-a prevăzut suflarea lui axială. Pachetul de tole s-a asamblat prin lipire cu adezivi sintetici, ceea ce a permis eliminarea inelelor de presare și a buloanelor de strîngere, măsură care, afară de efectul economic favorabil, duce și la evitarea pierderilor suplimentare în inelele masive, pierderi destul de importante, deoarece, datorită saturației puternice, mașinile de acest tip au un important flux de scăpări.
Îmbunătățiri esențiale au fost aduse și construcției sistemului de perii și portperii. Dintre acestea se amintesc : utilizarea periilor divizate în vederea îmbunătățirii comutației, folosirea unui tip de portperie cu presiune constantă, precum și a unui sistem simplu și precis de izolare și de asamblare a suporturilor de portperie prin utilizarea rășinilor sintetice de turnare, metodă care asigură o mare precizie a poziției relative a acestora, fără a fi necesară mărirea preciziei de execuție sau ajustare a pieselor componente. În sprijinul simplificării și îmbunătățirii tehnologiei de execuție și al organizării producției, intervine și utilizarea pe scară largă a reperelor și subansamblurilor tipizate. Seria este constituită

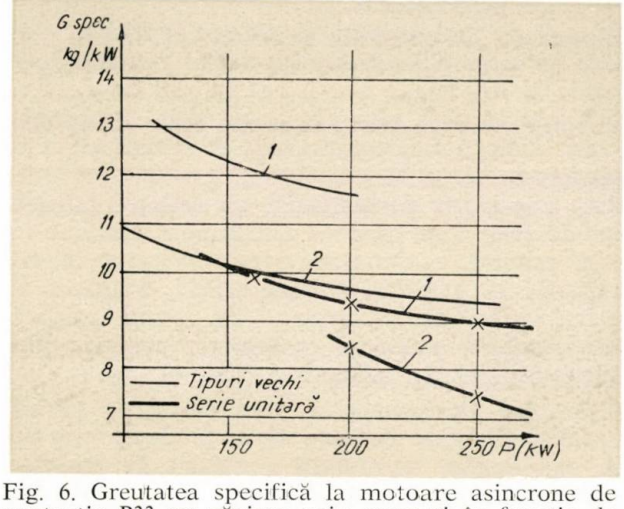


Fig. 6. Greutatea specifică la motoare asincrone de protecție P33 cu răcirea prin nervuri în funcție de putere pentru :
1 — 0,5 kV, 1000 rot/min ; *2* — 0,5 kV, 1500 rot/min.

din cinci gabarite care diferă numai prin lungimea colectorului, respectiv a arborelui și a plăcii de fundație. În fiecare gabarit se realizează cîte

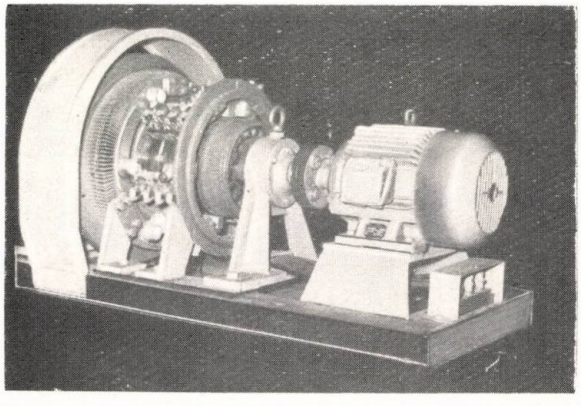


Fig. 7. Compensator cu excitație rotorică de 10 kVA, 400 A.

cinci tipuri de mașini prin schimbarea lungimii pachetului de tole. Se folosesc numai două tipuri de tole și două profile de cupru.

Pentru simplificarea exploatării, afară de adoptarea portperiilor cu presiune constantă, care nu necesită reglare, s-a prevăzut posibilitatea rotirii ansamblului suporților portperii pentru a ușura controlul și schimbarea periilor. De asemenea, s-a prevăzut o placă de borne accesibilă din trei direcții.

În ceea ce privește economicitatea noii serii față de mașinile vechi se poate arăta că s-au obținut în medie reduceri cu circa 80% ale cantităților de cupru pentru bobinaj și cu circa 30% ale cantităților de tablă silicioasă. Acestea, împreună cu simplificarea generală a construcției și reducerea manoperei, au permis o reducere a prețului de cost mediu al produselor cu circa 15%.

4. Motoare pentru fabricile de ciment. Construcția unor fabrici noi de ciment, de mare capacitate, precum și extinderea fabricilor vechi, reprezintă probleme deosebit de importante pe linia avîntului general al industriei și al construcțiilor din țara noastră.

Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. prevăd, pe lîngă dezvoltarea fabricilor existente, punerea în funcțiune a trei fabrici noi de ciment, echipate cu linii tehnologice de mare capacitate avînd indici tehnico-economici la nivelul tehnicii moderne.

Este important de semnalat că utilarea fabricilor de ciment se face cu echipament fabricat în țara noastră, echipament care a început să fie exportat în U.R.S.S., Coreea, China, Vietnam și Cuba. Uzinei „Electroputere" i-a revenit sarcina importantă a execuției motoarelor pentru acționările de bază din fabricile de ciment.

Cunoscînd că defectarea unui astfel de motor produce pierderi de sute de tone de ciment pe zi, s-au studiat amănunțit condițiile de funcționare speciale, deosebit de grele (cuplu neuniform, mediu ambiant cu mult praf, temperatura ambiantă ridicată în jurul cuptoarelor etc.), din fabricile de ciment, condiții de care s-a ținut seamă în proiectarea și executarea acestor motoare. Acționările de bază din fabricile de ciment sînt cele de la morile de material brut, morile de clincher și cuptoarele rotative.

Tabela 1

Caracteristicile motoarelor electrice fabricate de UEPC pentru echiparea noilor linii de ciment

Tipul	Puterea, kW	Turația sincronă, rot/min	Tensiunea, V	Frecvența, Hz	cos φ	%	$\frac{M_{max}}{M_n}$	Greutatea, kg
MIF	1 000	750	6 000	50	0,87	94,5	2,2	7 300
MIF	1 600	1 000	6 000	50	0,92	94,5	2,5	8 000
MIF	1 250	1 000	6 000	50	0,88	92	2,5	5 800

Cele mai importante motoare asincrone (tabela 1), realizate de UEPC, pentru fabricile de ciment, au fost destinate echipării noilor linii de ciment de mare capacitate de la Fieni, Bicaz, Turda, Medgidia și Bîrsești-Tg. Jiu.

Pentru acționarea morilor de material brut și a morilor de clincher din fabricile de ciment de la Bicaz și Fieni a fost realizat motorul MIF de 1 000 kW, 750 rot/min, 6 kV.

Motorul de 1 000 kW este executat în gabarit 990 cu rotorul bobinat și periile permanent aplicate pe inele ; lagărele cu rulmenți sînt prevăzute în scuturile turnate din fontă. Carcasa motorului este realizată în construcție sudată.

În anul 1961 a fost proiectat și a intrat în fabricație motorul MIF de 1 600 kW, 1 000 rot/min, 6 kV, destinat acționării morilor cu diametrul 3 × 13 m de la Turda și Medgidia. Începînd din luna noiembrie 1962, motoarele de 1 600 kW au început să acționeze morile la fabrica de ciment din Turda.

Motorul 1 600 kW este realizat în construcție sudată, în gabarit de 1 400, cu rotorul bobinat și periile permanent aplicate. Este prevăzut cu lagăre de alunecare separate, răcite cu apă, montate pe o placă de fundație comună.

La aceste fabrici, antrenarea cuptoarelor rotative se face cu motorul MIF de 250 kW, 600 rot/min, 6 kV, cu reglaj de turație de 40%, prin reostat cu lichid. Motorul de 250 kW este realizat în protecția P33, construcție cu țevi.

De curînd a fost terminată proiectarea motorului MIF de 1 250 kW, 1 000 rot/min, 6 kV, pentru noua fabrică de ciment care se construiește la Bîrsești-Tg. Jiu. Motorul MIF de 1 250 kW este proiectat în gabarit de 1 100, în construcție sudată, cu rotorul bobinat și cu periile permanent aplicate pe inele. Ca și MIF de 1 600, este prevăzut cu lagăre de alunecare răcite cu apă.

5. Echipament electric de tracțiune pentru locomotiva Diesel electrică. Un salt deosebit în fabricația mașinilor electrice de curent continuu s-a obținut prin fabricația echipamentului electric de tracțiune (motoare și generatoare) pentru locomotiva Diesel electrică Co-Co 2 100 CP. Agregatele de bază ale acestui echipament de tracțiune sînt :

— generator principal de 1 350 kW, 550—890 V, 1 520—2 460 A, 1 080 rot/min ;
— generator auxiliar de 75 kW, 170 V, 440 A, 1 080 rot/min ;
— motor de tracțiune de 200 kW, 275 V, 820 A, 495 rot/min.

Deși proiectele acestor mașini constituie o licență Brown Boveri, colectivul uzinei „Electroputere" a trebuit să rezolve în cursul asimilării fabricației o serie de probleme dificile de ordin tehnologic, de organizare a unor sectoare noi de lucru și probe.

Paralel cu asimilarea fabricației s-a depus o muncă deosebită pentru îmbunătățirea parametrilor tehnici și pentru mărirea siguranței în exploatare a acestor mașini.

La generatoare s-au adus modificări la bobinaje, obținîndu-se construcții mai avantajoase și care au fost verificate în exploatare.

La motorul de tracțiune s-au adus modificări constructive în vederea îmbunătățirii performanțelor locomotivei la viteze mărite. În prezent, o locomotivă este echipată cu asemenea motoare, fiind în curs de experimentare.

Din punctul de vedere al organizării fabricației și punerii la punct a tehnologiei pentru obținerea unei calități optime s-au depus eforturi deosebite care au fost încununate de succes. Dintre cele 94 generatoare principale și auxiliare și 564 motoare de tracțiune, numai șase motoare au necesitat reparații în termen de garanție și nici un generator principal sau auxiliar nu a prezentat vreo defecțiune în exploatare.

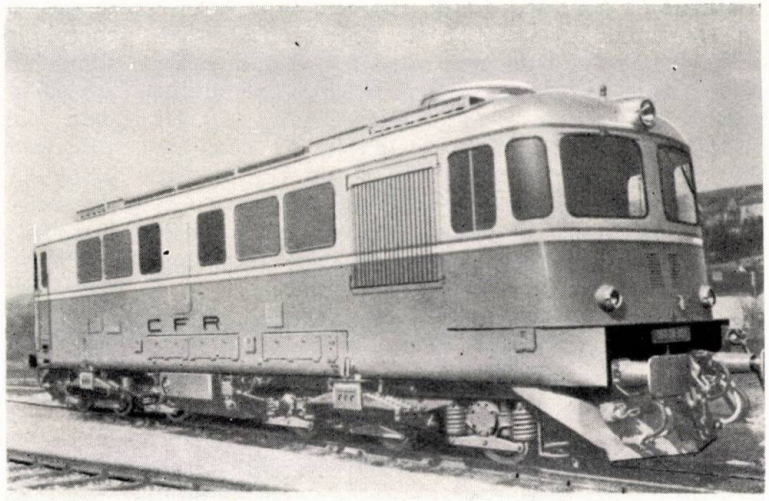


Fig. 8. Locomotiva Diesel electrică Co-Co de 2 100 CP.

II. Locomotiva Diesel electrică de 2 100 CP

Planul de șase ani, adoptat la cel de-al III-lea Congres al P.M.R., prevede creșterea capcității de transport corespunzător ritmului susținut de dezvoltare a economiei naționale și reînzestrarea tehnică a transportului feroviar prin introducerea tracțiunii Diesel electrice. Calea ferată urmează a fi dotată în acest interval de timp cu 330 locomotive Diesel electrice, astfel încît în anul 1965 să se poată efectua cu mijloace de tracțiune moderne 45—50% din totalul traficului feroviar. În acest scop, industria constructoare de mașini din țara noastră a primit sarcina să asigure introducerea în fabricație a locomotivelor Diesel electrice de 2 100 CP (licență elvețiană Sulzer-SLM-BBC).

În cadrul organizării fabricației acestei locomotive, uzina „Electroputere" a primit sarcina de a realiza echipamentul electric de tracțiune, construcția metalică și montajul general al locomotivei, fiind uzină coordonatoare a celor peste 60 de întreprinderi care colaborează la această fabricație.

Deși locomotiva se execută după o licență, totuși, avînd în vedere complexitatea problemelor legate de tehnologie, de execuția în serie, fabricarea acesteia reprezintă o importantă realizare și reflectă stadiul înaintat la care a ajuns industria noastră. Mai mult, după cum rezultă din capitolul I.5, locomotivei i s-au adus și unele îmbunătățiri constructive.

Caracteristicile tehnice ale locomotivei (fig. 8) sînt următoarele :

— puterea motorului Diesel (750 rot/min) în serviciu, la 720 mm col. Hg, 35°C și 80% umiditate a aerului absorbit, 2 100 CP ;
— viteza maximă a locomotivei, 100 km/h ;
— forța de tracțiune la obada roților cu bandaje semiuzate :
  — la demaraj, maximum 32 000 kg ;
  — în regim uniorar al transmisiei electrice la circa 18,5 km/h, 22 500 kg ;
  — în regim continuu al transmisiei electrice la circa 21,5 km/h, 20 200 kg ;
— lungimea cutiei fără tampoane, 15 700 mm ;
— lungimea între tampoane, 17 000 mm ;
— diametrul roților motoare cu bandaje noi, 1 100 mm ;
— uzura radială a bandajelor, maximum 40 mm ;
— greutatea locomotivei, în stare de funcționare, cu rezervoare 2/3 pline, 114+3% t.

Constructiv, locomotiva Diesel electrică conține trei părți esențiale : partea mecanică, partea termică și partea electrică.

Partea mecanică se compune din două boghiuri a cîte trei osii (fig. 9), antrenate fiecare de cîte un motor electric de 200 kW și legate între ele printr-o cuplă transversală, o cutie sudată autoportantă și accesorii.

Motoarele de tracțiune se sprijină, pe de o parte, prin lagăre de alunecare direct pe osie, iar pe de altă parte, sînt suspendate elastic la rama boghiului prin două resoarte elicoidale.

Cutia locomotivei este o construcție sudată autoportantă, baza fiind un șasiu construit din două lonjeroane dublu T legate între ele prin traverse sudate.

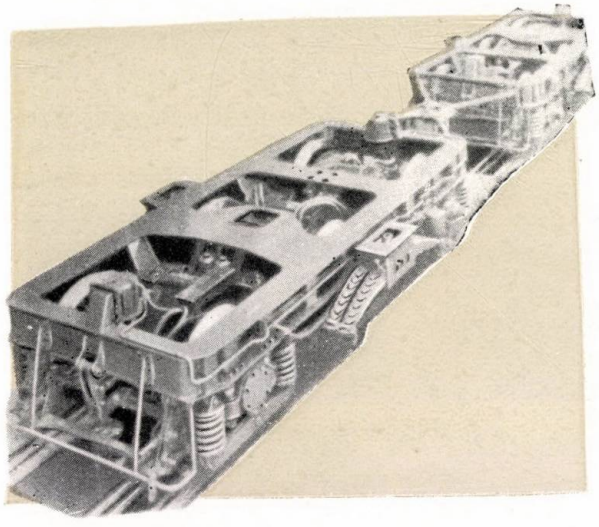


Fig. 9. Boghiurile locomotivei Diesel electrice.

Posturile de conducere (fig. 10), sînt separate de sala maşinilor prin pereţi de construcţie antifonică. Locomotiva este prevăzută cu o instalaţie de frînă automată Knorr pentru frînarea întregului tren, frînă directă pentru frînarea locomotivei izolate, frînă de protecţie antipatinaj şi frînă de mînă, amplasată în fiecare post de conducere. Aerul necesar instalaţiei de frînă şi pentru comanda aparatelor acţionate pneumatic este asigurat de un compresor şi un rezervor principal amplasat în spatele postului de conducere.

Partea termică conţine un motor Diesel tip 12LDA28 cu 12 cilindri, 750 rot/min, în patru timpi, supraalimentat printr-o suflantă care funcţionează cu gazele de eşapament, construit pentru transmisie electrică şi cuplare rigidă cu generatorul montat pe lonjeroanele prelungite ale carterului care servesc ca ramă de bază. Generatorul, avînd turaţia de 1 080 rot/min, este antrenat printr-un sistem de roţi de transmisie care asigură raportul de transmisie 750/1 080 rot/min. Grupul Diesel generator formează în acest fel un bloc compact care se sprijină în patru puncte, în mod elastic, pe tălpile de aşezare de pe lonjeroanele cutiei. Aerul de combustie este aspirat printr-un filtru aşezat în cutia de aspiraţie, iar gazele arse sînt evacuate în atmosferă printr-un amortizor de zgomote.

Pe motor este montat un panou cu instrumente care asigură supravegherea funcţionării lui.

Fig. 10. Post de conducere LDE.

Răcirea motorului Diesel se face cu apă ; pentru menţinerea temperaturii apei de răcire în anumite limite, independent de temperatura mediului ambiant, locomotiva este prevăzută cu o instalaţie de răcire modernă, complet automatizată. Radiatoarele instalaţiei de răcire sînt răcite de un ventilator cu acţionare hidrostatică, montat în acoperişul cutiei, iar aerul de răcire este absorbit prin jaluzele reglabile automat, montate în pereţii laterali ai cutiei. Pentru a se asigura o dependenţă între temperatura uleiului şi a apei de răcire a motorului, în circuitul acesteia este introdus un regulator termostatic, care comandă acţionarea jaluzelelor şi a ventilatorului radiatoarelor în funcţie de temperatura apei de răcire.

Instalaţia de alimentare cu combustibil conţine trei rezervoare, care asigură circa 14 ore de funcţionare a locomotivei cu o singură încărcătură.

Grupul Diesel generator este echipat cu un regulator, care asigură reglajul puterii şi adaptarea caracteristicilor de funcţionare ale generatorului la acelea ale motorului Diesel. Sporirea puterii locomotivei se obţine prin mărirea tensiunii la bornele generatorului electric. Regulatorul grupului Diesel generator are rolul principal ca, în cazul unei puteri stabilite, să păstreze constantă puterea la arborele motorului Diesel, asigurînd reglajul corespunzător al excitaţiei generatorului principal în funcţie de regimul de la roţile locomotivei.

Partea electrică a locomotivei cuprinde, pe lîngă motoarele electrice de tracţiune, generatorul principal şi cel auxiliar, o serie de motoare pentru antrenarea pompelor, a ventilatoarelor de răcire şi a compensatorului, un grup convertizor pentru încărcarea acumulatoarelor şi aparatajul de comandă, protecţie şi semnalizare.

Motoarele de tracţiune sînt legate două cîte două în serie la bornele generatorului principal prin contactoarele de putere, prin releele maxime de curent şi printr-un inversor de mers.

Pentru ca puterea motorului Diesel să poată fi folosită total pînă la viteza maximă, schema electrică a locomotivei prevede slăbirea cîmpului motoarelor de tracţiune în două trepte, în mod automat, în funcţie de regimul de la roţile locomotivei.

Generatorul principal mai serveşte la pornirea motorului Diesel, în care caz funcţionează ca motor serie, alimentat de o baterie de acumulatoare, montată în poala locomotivei.

În majoritate aparatajul electric de comandă şi control este concentrat într-un schelet metalic comun de 1 200 × 1 380 × 1 880 mm, constituind blocul aparatelor (fig. 11) care se execută independent de locomotivă.

Circuitele de comandă sînt astfel concepute, încît se poate realiza comanda unui număr oarecare de locomotive dintr-un singur post de conducere, locomotivele fiind cuplate între ele printr-un cablu multiplu special. Pentru pornirea şi oprirea grupurilor Diesel generatoare, în fiecare post de conducere sînt cîte două comutatoare, unul pentru pornirea şi oprirea grupurilor de la locomotivele 1, 3, 5 etc., iar celălalt comutator pentru pornirea şi oprirea grupurilor de la locomotivele 2, 4, 6 etc.

Pornirea locomotivei şi reglarea grupului Diesel generator se obţin prin intermediul controlerului

de comandă, prin care se realizează trei trepte de pornire și 21 de trepte de putere. La toate cele 21 de trepte de putere, regulatorul motorului Diesel asigură menținerea unei puteri constante la arborele motorului, indiferent de regimul de la roțile locomotivei.
În cazul în care temperatura apei de răcire sau temperatura uleiului de ungere este prea ridicată, un sistem de protecție asigură trecerea motorului Diesel în regim de mers în gol. La fel, motorul se descarcă dacă nivelul apei de răcire este prea scăzut, dacă presiunea în conducta principală de frînare este prea scăzută sau dacă un grup de motoare de tracțiune este deconectat prin releele maxime de curent. De asemenea, instalația asigură oprirea automată a grupului Diesel generator la presiuni prea scăzute ale apei de răcire și ale uleiului de ungere sau la apariția supraturațiilor la motorul Diesel.
La darea în exploatare a locomotivelor Diesel electrice de 2 100 CP s-au făcut o serie de remorcări experimentale la care s-au obținut următoarele rezultate, comparate cu tracțiunea cu abur în aceleași condiții :

— consumul specific de combustibil (combustibil convențional) de cinci ori mai mic ;
— costul specific al combustibilului, de patru ori mai mic ;
— viteza medie tehnică cu 33% mai mare ;
— viteza medie comercială cu 30% mai mare ;
— parcursul mediu zilnic crește cu circa 225% ;
— cheltuielile de reparație se reduc cu 50%.

Pe lîngă performanțele tehnico-economice indicate, locomotiva Diesel electrică de 2 100 CP prezintă următoarele avantaje față de locomotiva cu abur :

— forța de tracțiune poate fi variată în mod continuu ;
— nu este necesară întoarcerea pe plăci turnante, ambele capete avînd cîte un post de conducere ;
— personalul de deservire a locomotivei este supus la eforturi fizice mai mici și nu este expus intemperiilor ;
— vizibilitatea de la postul de comandă este mai bună.

Experiența exploatării unui parc de aproape 100 de locomotive Diesel electrice din această construcție livrate de UEPC la C.F.R. a demonstrat că performanțele, calitatea și rezistența în exploatare corespund celor mai grele condiții de remorcare pe rampe pînă la 30‰, în condițiile climatice din țara noastră dovedindu-se a fi o locomotivă căutată și prețuită de mecanicii C.F.R. Uzina acordă pentru fiecare locomotivă 150 000 km garanție. Pînă în prezent 35 de locomotive au ieșit din garanție cu remedieri în general minime.

III. Transformatoare de putere

În domeniul fabricației transformatoarelor de putere, uzina „Electroputere" a avut de rezolvat în ultimii ani probleme deosebit de grele. Creșterea considerabilă a necesarului de energie electrică în țara noastră a impus necesitatea construirii unor transformatoare și autotransformatoare de putere din ce în ce mai mare la tensiuni foarte înalte.
S-a dovedit necesitatea modernizării în ansamblu a producției de transformatoare de putere

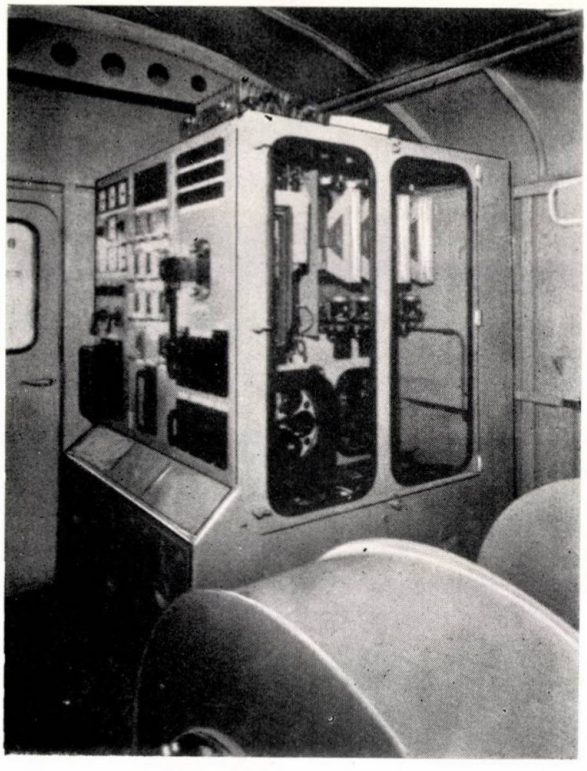


Fig. 11. Blocul aparatelor.

pentru a satisface exigențele sporite ale exploatării și pentru a ridica nivelul tehnic al producției la cel atins de firmele străine.
În acest sens, colectivul de ingineri și tehnicieni ai fabricii de transformatoare din uzina „Electroputere" a trecut la înlocuirea treptată a seriei existente în fabricație prin elaborarea a două serii serii noi de transformatoare de mare putere, precum și a unei serii noi pentru o putere pînă la 1 600 kVA.
1. Seriile de transformatoare de mare putere. Cele două serii de transformatoare de mare putere sînt concepute pentru 110 kV, cu două, respectiv trei înfășurări. Ele reușesc să acopere necesarul exploatării în puteri, rapoarte de transformare și tensiuni de scurtcircuit și să realizeze, totodată, o linie constructivă unitară. Această serie este caracterizată, față de produsele realizate anterior, prin :

— pierderi în fier și înfășurări reduse ;
— consum de materiale redus ;
— siguranță mai mare în exploatare ;
— gabarit redus ;
— echipare modernă cu accesorii.

Pentru realizarea noilor serii trebuie aplicate procedee tehnologice noi, care să ofere posibilitatea de mecanizare și tipizare a operațiilor.
Performanțele acestei serii sînt relatate în cele ce urmează.

Puterea transformatoarelor este, conform prevederilor CEI, de 6,3; 10; 16; 25; 40; 63 și 80 MVA. Cele cu trei înfășurări se realizează :

— cu putere plină pentru toate înfășurările, în cazul transformatoarelor de 10 și 16 MVA ;
— cu putere redusă cu o treaptă pe medie și joasă tensiune, în cazul transformatoarelor de 25 și 40 MVA ;
— cu putere redusă cu o treaptă pe medie tensiune, în cazul transformatoarelor de 63 și 80 MVA.

Tensiunea nominală pe partea de înaltă tensiune este de 110 kV cu $\pm$ 9 trepte de reglaj a cîte 1,78% din tensiunea nominală. Reglajul se realizează sub sarcină.
Tensiunea nominală pe medie tensiune este de 22—16,5 și 38,5 kV, iar pe joasă tensiune de 6,6; 11 și 22 kV, în funcție și de putere.
Transformatoarele din această serie se pot folosi și ca ridicătoare și ca coborîtoare de tensiune, ceea ce asigură intersanjabilitatea în rețeaua energetică.
Tensiunea de scurtcircuit ține seamă de valorile impuse de rețelele noastre energetice, asigură mersul în paralel cu transformatoarele existente în rețelele noastre și cu transformatoarele străine și asigură condițiile de rezistență în regim de scurtcircuit. Nivelul de izolație este de 123 kV.
Din punct de vedere constructiv se remarcă urmă-

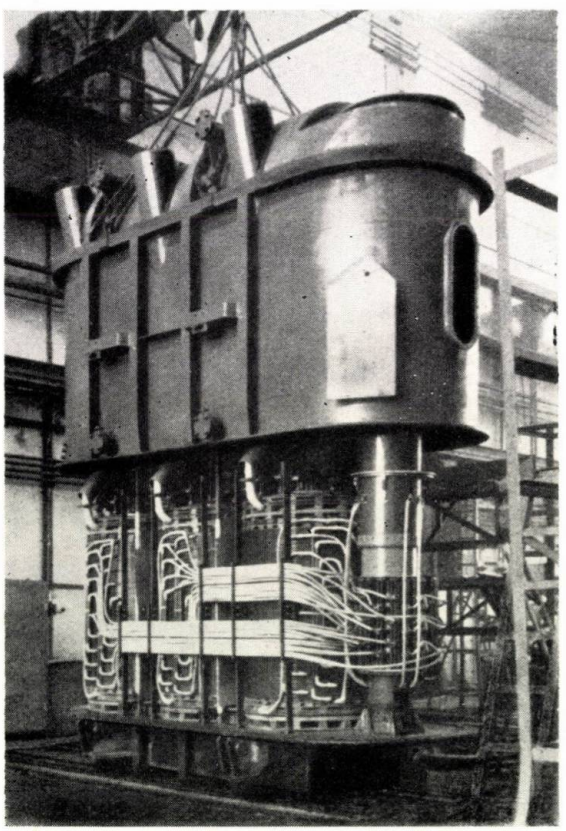


Fig. 12. Transformator de 25 MVA, 110/6,6 kV, cu cuvă clopot.

toarele : miezul magnetic este prevăzut a fi executat din tablă laminată la rece — influențînd favorabil greutatea totală, gabaritul, pierderile în fier și curentul de mers în gol. Pentru strîngerea miezului se folosesc benzi și cadre metalice, buloanele de strîngere fiind eliminate. Lățimea treptelor este în așa fel aleasă încît permite tăierea în mod judicios din rulouri de tablă laminată la rece. Pentru reducerea înălțimii în vederea încadrării în gabaritul de cale ferată, transformatoarele de la puterea de 40 MVA au miezul cu cinci coloane.
Înfășurările sînt prevăzute din aluminiu, pentru puteri pînă la 25 MVA, și din cupru, pentru puteri peste 25 MVA. Bobinajul este de tip continuu, ceea ce, din cauza robusteței, asigură o comportare bună în exploatare.
Pentru izolația principală se folosește materialul denumit „transformerboard".
Cuva transformatorului, pe lîngă varianta clasică, se execută și în varianta clopot, care, pe lîngă faptul că are gabarit mai redus și se realizează cu mai puține materiale, asigură și condiții ușoare de decuvare în exploatare. Bineînțeles, această variantă constructivă pentru cuvă pune probleme grele de etanșare.
Răcirea transformatoarelor se realizează :

— cu ajutorul radiatoarelor tip liră, pentru puterile de 6,3 și 10 MVA ;
— cu ajutorul radiatoarelor tip liră, suflate cu aer de ventilatoare, pentru 16 și 25 MVA ;
— cu ajutorul radiatoarelor cu aripioare, suflate cu aer combinat cu circulația forțată a uleiului.

Caracteristicile tipurilor de răcire alese sînt gabaritul redus și folosirea elementelor tipizate.
Reglajul transformatoarelor se realizează cu ajutorul comutatoarelor de reglaj sub sarcină moderne, de construcție îngropată, dînd o siguranță mărită în exploatare prin faptul că montarea și reglarea comutatorului se execută complet la uzina constructoare.
Noua serie de transformatoare mari se realizează cu accesorii corespunzătoare pentru asigurarea unei exploatări sigure și moderne.
Din punct de vedere economic, noile transformatoare se caracterizează prin calitatea superioară și economicitate în fabricație și în exploatare. Economicitatea fabricației și a exploatării rezultă din următoarele :
Față de seria anterioară de transformatoare, realizate cu tablă laminată la cald, pierderile în fier scad cu 35—45%, iar în înfășurări, cu 15—30%. Materialele (exprimate în t/MVA) scad, față de seria anterioară, în proporții însemnate.
Se pot indica, cu aproximație, următoarele procente de reduceri :

— conductorul de înfășurare, 15 ;
— tabla silicioasă, 10 ;
— uleiul, 20 ;
— materialele feroase, 50 ;
— greutatea totală, 30.

Greutățile de transport scad în medie cu 15%, iar dimensiunile de gabarit cu 20%.
Primul transformator realizat la uzina „Electroputere" din noua serie este de 25 MVA, 110/6,6 kV (fig. 12).
Construcția metalică a transformatorului, datorită adoptării construcției cuvei de tip clopot, a per-

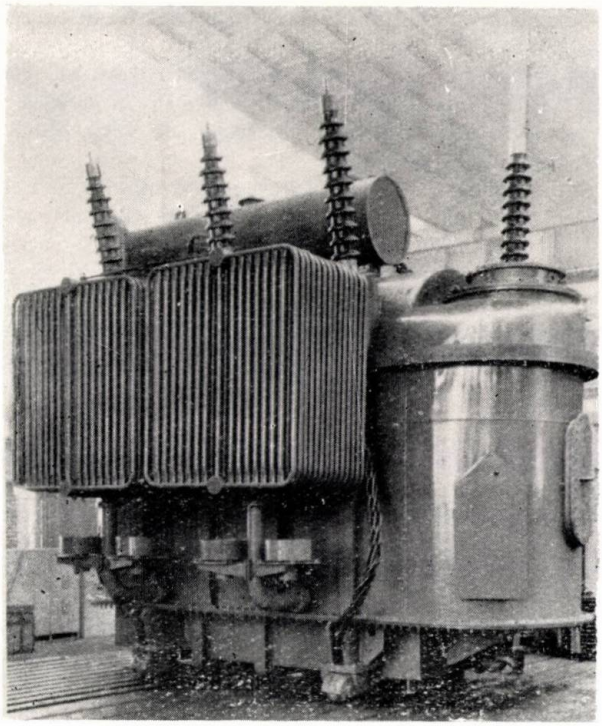


Fig. 13. Transformatorul de 25 MVA, 110/6,6 kV, în stare finită.

mis obținerea unor reduceri importante de greutăți și de dimensiuni de gabarit. Sistemul de răcire este de tip cu circulație naturală a uleiului și cu suflaj de aer a patru radiatoare de tip liră. Transformatorul în stare finită este arătat în figura 13.

2. Seria de transformatoare de 100—1 600 kVA. În paralel cu elaborarea seriei noi de transformatoare de 6,3—80 MVA la 110 kV s-a proiectat o nouă serie de transformatoare de 100—1 600 kVA, 35 kV. Producția de transformatoare de puterea amintită, în decursul ultimilor trei ani, a trecut prin două faze de modernizare. În anul 1961 s-au introdus în fabricație o serie de transformatoare de 100—1 600 kVA, concepute după o linie unitară constructivă care a permis aplicarea unor procedee tehnologice mai moderne, creînd condiții pentru tipizare, pentru normalizarea construcțiilor și subansamblurilor constructive, care a avut un rol determinant în creșterea productivității muncii și a calității producției. Pierderile în fier și în înfășurări la această serie se situau la nivelul pierderilor atinse de fabricile străine care utilizau aceeași tablă silicioasă.

În cursul anului 1963 s-au proiectat și s-au realizat, parțial, prototipurile transformatoarelor dintr-o serie concepută pe baza folosirii tablei laminate la rece. La aceasta se realizează :

— reducerea nivelului de pierderi la valori comparabile cu ale celor mai bune serii de transformatoare de fabricație străină la care se folosește aceeași tablă ;
— rezistență sporită la eforturi de scurtcircuit ;
— posibilitatea trecerii de la 6 la 10 kV, respectiv de la 15 la 20 kV ;
— simplificarea fabricației.

Dintre principiile noi constructive și tehnologice adoptate la această nouă serie de transformatoare se remarcă următoarele :
— confecționarea miezurilor din tablă silicioasă laminată la rece în rulouri, ceea ce a permis ca secțiunile coloanelor și jugurilor să fie proiectate pe baza unor lățimi de tole strict normalizate ;
— strîngerea coloanelor și jugurilor se realizează prin metode corespunzătoare folosirii tablei laminate la rece, și anume consolidarea tolelor în coloane se face printr-un lac special cu uscare la rece, fără buloane ;
— pentru micșorarea eforturilor de scurtcircuit înfășurările sînt dispuse în așa fel încît duc la nesimetrii minime ale amperspirelor pe coloană ;
— pentru uniformizarea eforturilor axiale și consolidarea bobinelor la capetele fiecărui strat s-au prevăzut inele de transformerboard, iar capetele se bandajează cu bandă de hîrtie cu inserție ; eliminarea jocului dintre spire se face prin presarea

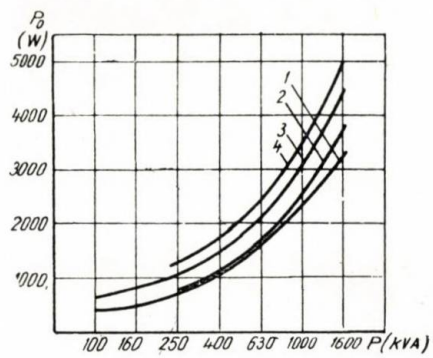


Fig. 14. Comparația nivelului pierderilor în fier la seriile de transformatoare cu tablă laminată : *1* — la rece, 20 kV — „Electroputere" ; *2* — la rece, 35 kV — „Electroputere" ; *3* — la cald, 15 kV — „Electroputere" (1961) ; *4* — la cald, 35 kV — „Electroputere" (1961).

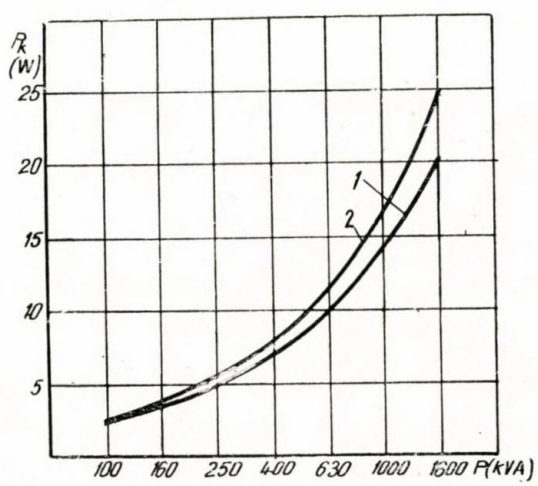


Fig. 15. Comparația nivelului pierderilor în înfășurări la seriile de transformatoare cu tablă laminată : *1* — la rece — „Electroputere" ; 2 — la cald — „Electroputere" (1961).

axială a bobinei în dispozitiv, cu ajutorul unei prese hidraulice, iar presarea pe coloană se face cu inele metalice, prin strîngere cu schela sau cu buloane ;
— folosirea aluminiului pentru înfășurările transformatoarelor ;

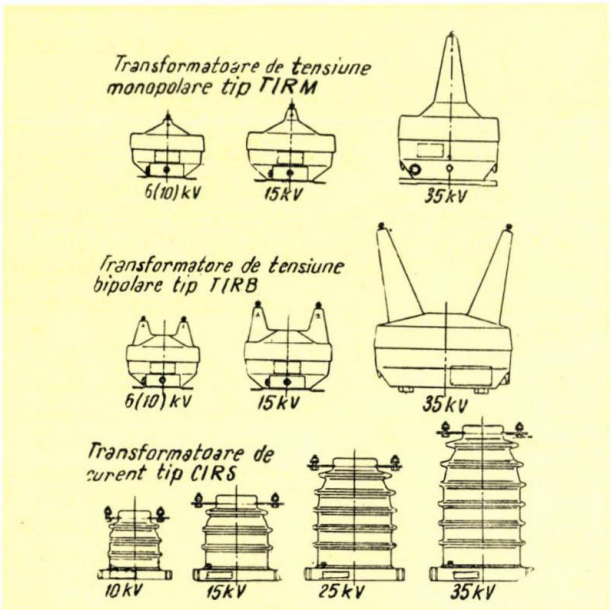
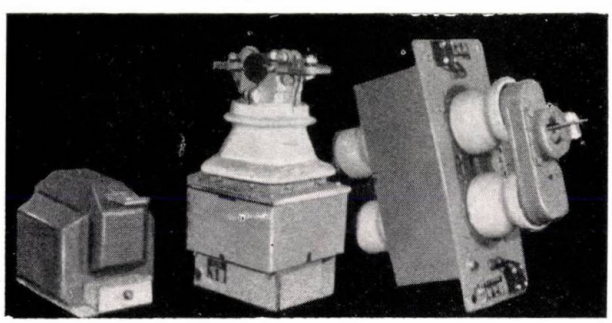
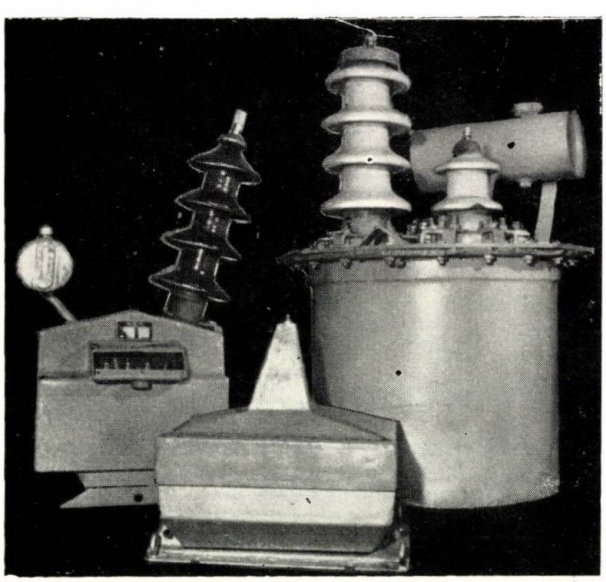


Fig. 16. Seria unitară de transformatoare de măsură în rășini de turnare.



a *b* *c*

Fig. 17. Transformatoare de curent de 10 kV :
a — tip CIRS-10 cu izolație în rășină de turnare ; *b* — tip JPSQ-10 cu izolație de porțelan ; *c* — tip TTPM-10 cu izolație de porțelan.



a *b* *c*

Fig. 18. Transformatoare de tensiune monofazate de 35 kV :
a — tip TIRM-35 cu izolație în rășină de turnare ; *b* — tip TEMU-35 cu izolație de ulei ; *c* — tip TTMU2-35 cu izolație de ulei.

— executarea răcirii cuvelor în două variante : cu radiatoare tip liră și cu radiatoare ambutisate.

Performanțele seriei noi de transformatoare de putere de 100—1 600 kVA la 35 kV, în ceea ce privește pierderile, sînt ilustrate de diagramele din figurile 14 și 15.

În cele arătate s-au prezentat preocupările uzinei „Electroputere" în vederea realizării de serii de transformatoare de puteri diferite. Pentru satisfacerea unor nevoi speciale ale sistemului nostru energetic uzina a realizat, în cursul anului 1963, autotransformatoare de 100 MVA, pentru reglajul tensiunii în limita de $\pm 20\%$ în ± 12 trepte cu reglaj sub sarcină la 110 kV, precum și pregătirea tehnică necesară realizării, în 1964, a primului autotransformator de 200 MVA la 220 kV.

IV. Aparataj de înaltă tensiune

În domeniul fabricației aparatajului de înaltă tensiune, în ultimii ani s-a trecut la modernizarea tipurilor fabricate, la ridicarea performanțelor tipurilor asimilate, cu scopul de a ridica nivelul tehnic al acestor produse la nivelul celor mai bune produse ale firmelor străine.

Realizările cele mai remarcabile din ultimii ani în această ramură de activitate a uzinei sînt relatate în cele ce urmează.

1. Transformatoare de măsură. În modernizarea construcției transformatoarelor de măsură un rol determinant îl are introducerea materialelor noi, ceea ce permite îmbunătățirea performanțelor, precum și o reducere considerabilă a gabaritului. Folosirea la uzina „Electroputere" a rășinilor de turnare la transformatoarele de măsură a dat proiectanților posibilitatea să elaboreze variantele constructive cu dimensiuni de gabarit foarte reduse. Fluiditatea rășinii epoxidice folosite permite turnarea sub vid în cochilie de forma dorită pentru fiecare variantă în parte.

Noua serie de transformatoare de măsură în rășini de turnare se caracterizează prin :

— realizarea unei concepții unitare pentru tensiuni de 6—35 kV, atît pentru transformatoarele de curent, cît și pentru cele de tensiune ;
— o reducere importantă a gabaritului, prin folosirea completă a calității rășinilor epoxidice ;

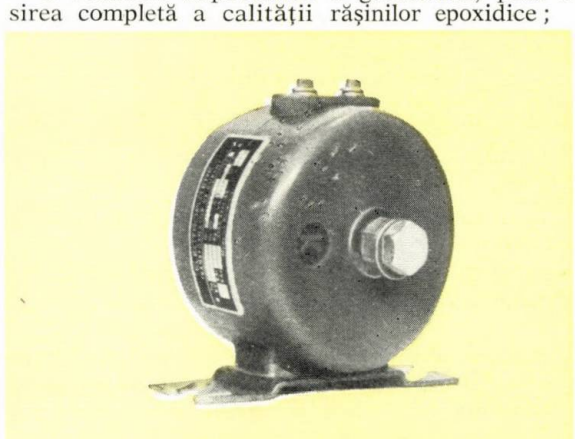


Fig. 19. Transformator de curent în rășini de turnare, de 0,5 kV.

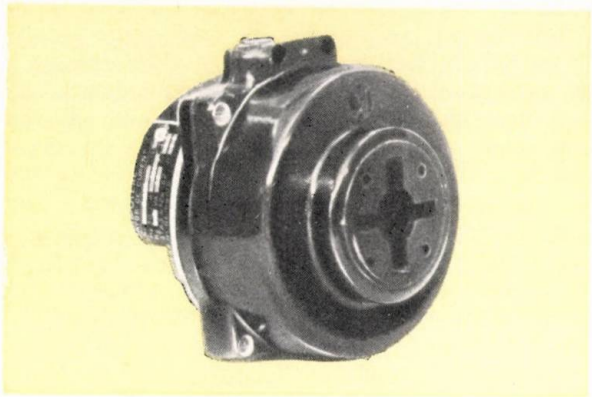


Fig. 20. Transformator de curent de 0,5 kV, în carcasă de bachelită.

— înglobarea totală în răşină a părţii active a transformatoarelor de curent ;
— înglobarea în răşină a înfăşurărilor de înaltă şi joasă tensiune ale transformatoarelor de tensiune ;
— realizarea circuitului magnetic al transformatoarelor de curent sub forma toroidală.

Tipurile reprezentative ale seriei unitare de transformatoare de curent pentru 10, 15, 25, 35 kV, de tensiune monopolară, respectiv bipolară, pentru tensiuni de 6(10), 15 şi 35 kV, sînt ilustrate în figura 16.

Este semnificativ gabaritul redus al transformatoarelor de măsură din seria unitară, faţă de tipurile clasice pe care le înlocuiesc. Acest progres este ilustrat în figurile 17 şi 18 pentru două tipuri reprezentative ale noilor serii, şi anume se compară transformatorul de curent de 10 kV, cu izolaţie în răşină de turnare cu două tipuri cu izolaţie de porţelan şi respectiv, transformatorul de tensiune monofazat de 35 kV, cu izolaţie în răşină de turnare cu două tipuri cu izolaţie în ulei.

Greutatea redusă a transformatoarelor de măsură din seria nouă unitară este arătată în tabela 2.

Tabela 2

Tipul	Greutatea, kg	
	tipul clasic executat la UEPC	tipul nou în răşini de turnare
Trafo curent 10 kV	44	20
Trafo curent 35 kV	270	35
Trafo tensiune 10	45	22
Trafo tensiune $35/\sqrt{3}$	230	56
Trafo tensiune 35	230	58

Tot în domeniul transformatoarelor de măsură merită să fie remarcată înlocuirea vechiului tip de transformator de curent pentru 0,5 kV cu două variante constructive moderne, una în răşini de turnare şi cealaltă în carcasă de bachelită (fig. 19 şi 20).

Turnarea în răşină a transformatoarelor de măsură se realizează cu ajutorul unei instalaţii speciale şi moderne, proiectată şi executată în cadrul uzinei (fig. 21).

2. *Aparataj de conectare.* La sortimentul aparataj de linie, în ultimii ani, s-au modernizat separatoarele de înaltă tensiune pentru instalaţiile de interior şi exterior şi s-a completat gama separatoarelor fabricate cu noi tipuri de separatoare de putere tripolare de interior. Realizările cele mai remarcabile în acest domeniu sînt următoarele :

— modernizarea separatoarelor pentru instalaţii de interior pînă la 35 kV, pentru curenţii de 1 250—3 150 A. Noile construcţii au căile de curent sensibil întărite, din punct de vedere mecanic prin folosirea profilelor U şi a contactelor profilate. Pe baza unui studiu al efectului dinamic al curenţilor s-au adus îmbunătăţiri, astfel încît noile construcţii rezistă bine la aceste efecte ;

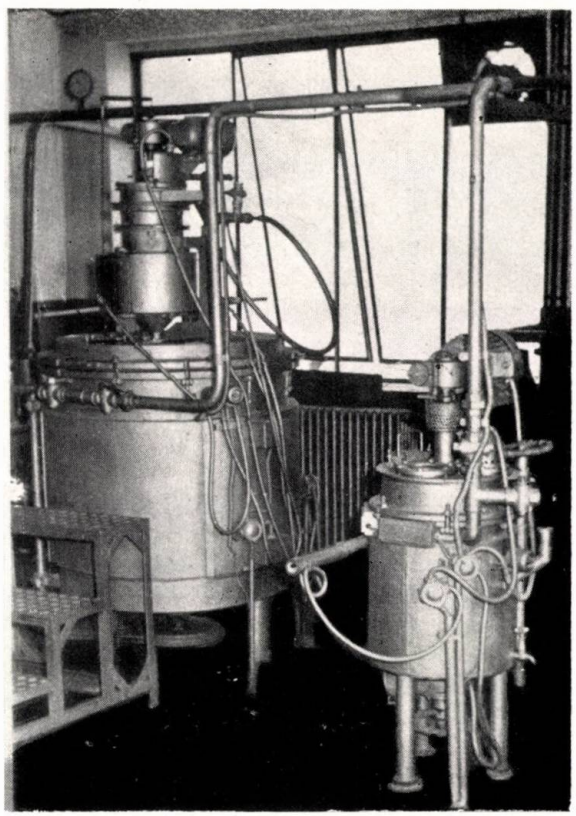


Fig. 21. Instalaţie pentru turnarea sub vid a răşinilor epoxidice.

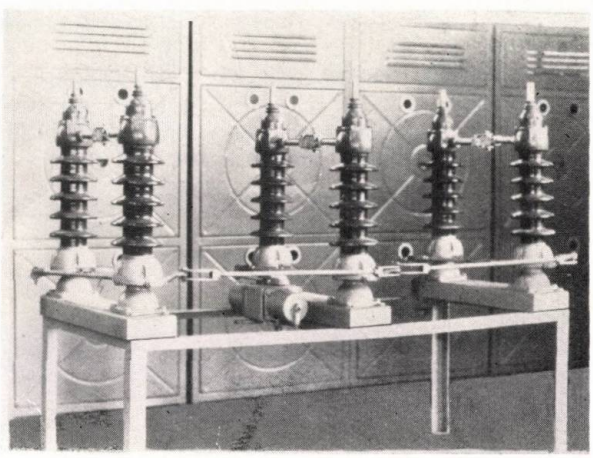


Fig. 22. Separator tip rotativ.

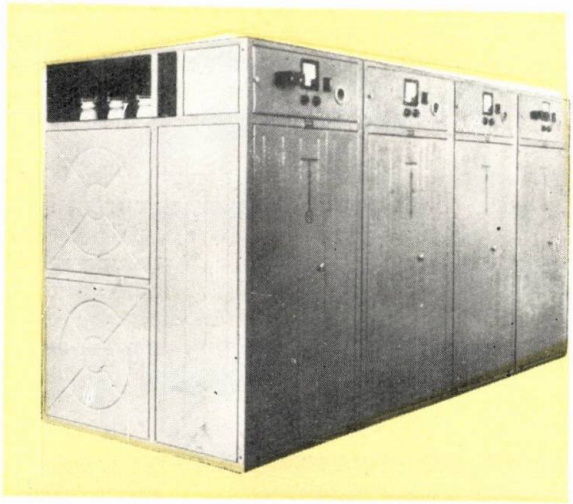


Fig. 23. Celule prefabricate, de 10 kV.

— modernizarea separatoarelor pentru instalații de exterior de 35 și 110 kV, la care, pe elemente unitare și tipizate, s-a introdus în 1962 o construcție nouă de tip rotativ. Noua construcție (fig. 22) are gabarit și greutate reduse, față de tipul pe care-l înlocuiește, deși performanțele sînt sensibil crescute ;

— perfecționarea separatorului de putere de 10 și 15 kV, obținînd o creștere a curentului de rupere de la 200 la 650 A, folosind unele modificări constructive ale căii de curent și ale mecanismului de manevrare.

Noul produs asigură și închiderea pe curentul de scurtcircuit. În felul acesta, separatorul de putere introdus în fabricație, prevăzut cu siguranțe fuzibile, poate asigura funcțiile unui întreruptor într-o stație de înaltă tensiune de importanță secundară, în condiții de cost sensibil reduse.

În domeniul modernizării aparatajului automat de înaltă tensiune se remarcă realizarea întreruptorului în ulei puțin, de 35 kV, care înlocuiește vechiul tip de întreruptor în ulei mult.

Noul tip este superior atît ca performanțe, cît și din punct de vedere constructiv, ceea ce rezultă și din datele comparative din tabela 3.

3. Celule prefabricate. Din realizările mai importante ale fabricii de aparataj din cadrul uzinei se remarcă și noile tipuri de celule prefabricate de 6 și 10 kV (fig. 23).

Ele constituie o construcție complexă, tipizată, ca aspect exterior, avînd o bogată varietate de scheme de conexiuni electrice, atît pe partea de înaltă tensiune, cît și pe cea de joasă tensiune. Aceste celule conțin aparatajul de comutație primară și secundară, întreruptoarele cu dispozitivele lor de acționare, transformatoarele de măsură, siguranțele fuzibile, separatoarele de înaltă tensiune, releele de protecție, clemele de conexiuni și contactele alunecătoare de joasă tensiune. În felul acesta, montîndu-se în distribuții complexe, celulele prefabricate realizează stații complete de înaltă tensiune, necesare instalațiilor electrice variate pentru diferite destinații : alimentări de motoare electrice, stații de transformare etc.

Un element caracteristic al noilor celule prefabricate este folosirea scheletului metalic din tablă profilată în locul oțelului cornier laminat, ceea ce duce la o substanțială reducere a consumului de metal și a greutății celulei.

În cele expuse s-au prezentat principalele realizări tehnice ale uzinei în domeniul ridicării performanțelor produselor, al încadrării lor pe o linie de concepție unitară, pentru ridicarea în ansamblu a nivelului tehnic al fabricației.

Paralel cu această activitate de permanentă modernizare a produselor, uzina are o serie de realizări importante cu caracter tehnic și pe linie de autoutilare cu instalații și utilaje tehnologice ; s-au înzestrat compartimentele laboratorului uzinal cu utilaje și aparatură modernă care permit efectuarea probelor de tip a produselor fabricate de uzină.

Tabela 3

Tipul întreruptorului	Curentul nominal, A	Puterea de rupere, MVA	Gabarit specific, cm^3/MVA	Greutate specifică, kg/MVA
Întreruptorul nou cu ulei puțin de 35 kV	1 250	1 000	$3{,}6.10^2$	1
Întreruptorul vechi cu ulei mult de 35 kV	600	400	9.10^3	2,25

Planul de dezvoltare a uzinei „Electroputere", elaborat prin grija conducerii partidului și statului nostru, asigură mari perspective pentru uzina noastră, al cărei colectiv este hotărît să depună eforturi sporite pentru a ridica în continuare nivelul tehnic al activității uzinei în toate domeniile de activitate la nivelul atins de firmele străine cu renume mondial.

Introducerea proceselor tehnologice moderne la uzinele „Electronica"—București

Dumitru F. Lăzăroiu * — București

CZ 621.312 : 621.396.002.2.UE

I. Evoluția uzinelor „Electronica" și a caracteristicilor produselor sale de la naționalizare pînă în prezent

Una dintre industriile care cunosc în anii puterii populare o puternică dezvoltare este industria producătoare de aparate de radio și de televizoare. Prima unitate care a luat ființă în acest sector, imediat după naționalizare, a fost fabrica „Radio popular" ca rezultat al comasării atelierelor de montaj Philips cu alte cîteva mici ateliere particulare, întreprindere care an de an a fost dotată cu mașini, aparate și utilaje corespunzătoare tehnicii moderne.

Crearea noii întreprinderi a permis ca în anul 1949 să se fabrice primul radioreceptor romînesc „Record". Atît primul radioreceptor, cît și alte cîteva tipuri care au fost produse ulterior, au fost realizate cu seturi importate în întregime din U.R.S.S. În anii următori, producția acestor aparate a crescut neîncetat, prin montaj de seturi complete sau piese separate, importate din U.R.S.S., R.S.C., R.P.U. și R.D.G. Astfel, de la 14 400 radioreceptoare realizate în anul 1949 s-a ajuns în anul 1959 la 167 800 radioreceptoare, adică numărul lor a crescut de 9,2 ori, pentru ca în anul 1962 să se ajungă la 251 600 radioreceptoare, numărul lor crescînd de 13,7 ori. În aceeași perioadă, producția globală a crescut de aproape 25 de ori.

O dată cu creșterea sarcinilor prevăzute de planurile de producție, secțiile fabricii au fost dezvoltate și utilate treptat. Pentru a putea face față producției în continuă creștere s-a simțit necesitatea de mecanizare a operațiilor de fabricație și s-a trecut la montajul pe bandă rulantă. Pe măsură ce cadrele tehnice și-au ridicat calificarea și și-au îmbogățit experiența, a fost posibilă lărgirea gamei sortimentului de produse ale întreprinderii „Radio popular". Etapa de simplă asamblare a unor piese din import a început să fie depășită din anul 1954, cînd s-a păsit la producția internă a unor materiale și piese radioelectronice. Treptat au fost utilizate, în aparatele montate, piesele fabricate chiar în întreprinderea „Radio popular". Începînd din anul 1954, radioreceptoarele romînești au fost echipate cu difuzoare de 2,5 VA, de fabricație proprie, cu magnet metalic (Alni). A urmat fabricarea magneților ceramici (1956) care au înlocuit magneții metalici, a transformatoarelor de rețea și de ieșire, a potențiometrelor chimice normale, a bobinelor pentru circuitele de înaltă și medie frecvență și a condensatoarelor cu hîrtie (1956—1959).

În această perioadă, colectivul întreprinderii, datorită experienței dobîndite în muncă și ridicării nivelului tehnic al producției, a făcut un pas calitativ înainte trecînd la producția de aparate de radio. Capul de serie îl constituie radioreceptorul „Opereta" (1958). Concepția și proiectarea acestui aparat aparțin în întregime inginerilor și tehnicienilor din întreprinderea „Radio popular". La realizarea lui au fost folosite toate piesele care s-au putut fabrica în țară, enumerate anterior, inclusiv piesele metalice și cele din materiale plastice. Claviatura a luat locul comutatorului de game, așa cum se obișnuiește în construcțiile moderne de radioreceptoare. Aparatul „Opereta" reprezintă o victorie a industriei romînești de radio, un succes în munca depusă pînă în anul 1958 de inginerii, tehnicienii și muncitorii întreprinderii „Radio popular".

Doi ani mai tîrziu, în anul 1960, 94% din producția întreprinderii a fost realizată cu aparate de concepție proprie, într-un bogat sortiment, volumul pieselor din import scăzînd necontenit.

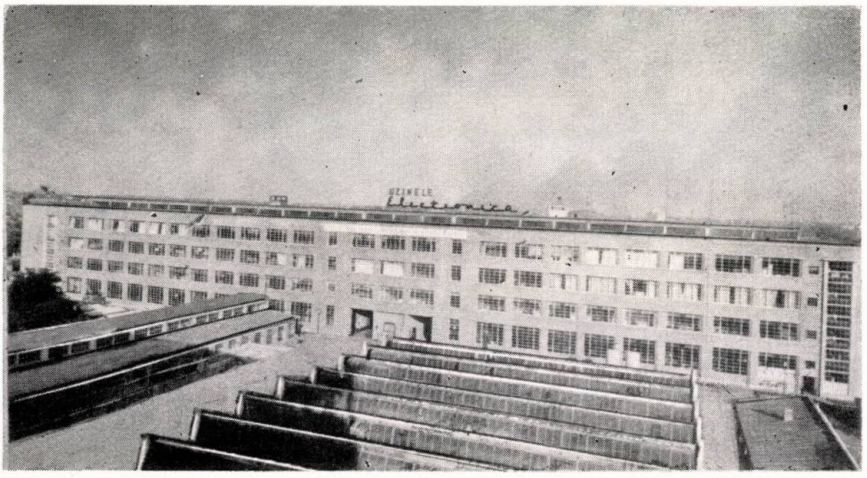
Datorită fondurilor de investiții puse la dispoziția întreprinderii de statul nostru democrat-popular pentru dezvoltarea industriei noastre radiotehnice, suprafețele de producție au crescut an de an, s-au ridicat noi construcții (fig. 1), au crescut simțitor mijloacele de producție, fapt care a permis ca, prin unele măsuri tehnico-organizatorice complexe, să crească considerabil producția globală.

Transformările mari prin care a trecut fabrica „Radio popular" și creșterea sortimentului de produse electronice pe care le realizează au făcut să nu mai corespundă această denumire, transformîndu-se în aceea de uzinele „Electronica" (în anul 1960). În ultimii ani s-au asimilat noi piese radio, inclusiv dispozitive semiconductoare pentru radioreceptoare, televizoare și electronică industrială.

În evoluția uzinelor „Electronica" se disting cîteva etape importante care marchează dezvoltarea și continua îmbunătățire a produselor, și anume :

— în anul 1956 a început fabricarea radioreceptoarelor de clasa a III-a ;

Fig. 1. Vedere generală a uzinei. Corpul 20. ↓



* Ing. *D. F. Lăzăroiu* este directorul uzinelor „Electronica" — București.

— în anul 1957 au intrat în fabricaţie radioreceptoarele cu claviatură, cu minimum trei game de undă ;
— în anul 1958 s-a fabricat în serie radioreceptorul cu claviatură „Opereta", primul aparat de

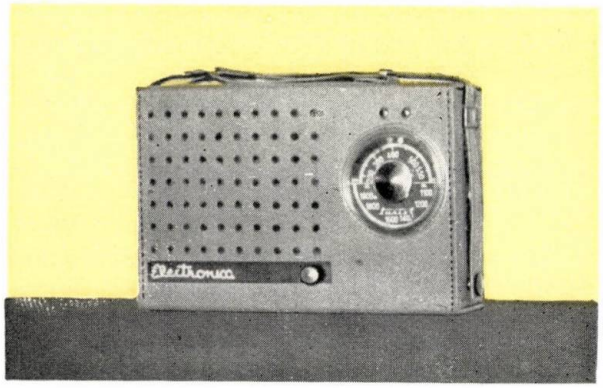


Fig. 2. Radioreceptorul „Turist".

concepţie proprie, cu o parte din piese executate în uzină. S-a creat totodată posibilitatea fabricării concomitent pe bandă a patru tipuri diferite de radioreceptoare ;
— în anul 1959 s-a fabricat în serie aparatul de concepţie proprie „Concert", cu un grad de integrare mai ridicat decît „Opereta".
În sfîrşit, anul 1960 constituie o etapă importantă în evoluţia uzinelor. În acest an s-au pus în fabricaţie primele radioreceptoare portabile, complet tranzistorizate. După aparatele „Solistor" şi „Sport", realizate pe bază de licenţă, s-a trecut la radioreceptorul „Litoral", de concepţie proprie. Pentru realizarea acestui radioreceptor s-au pus

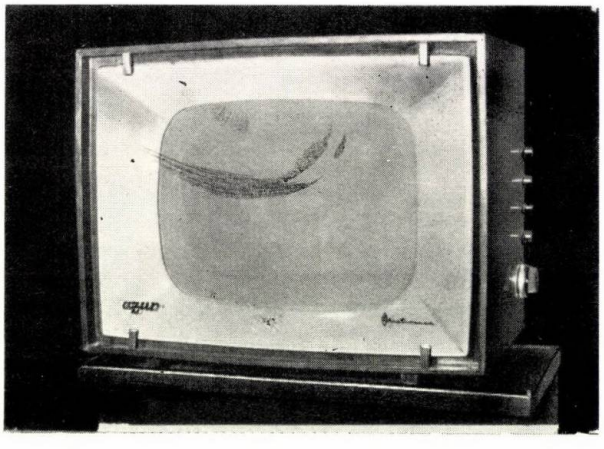


Fig. 3. Televizorul „Tonitza"

în fabricaţie zeci de piese noi. După acest radioreceptor produs în serie relativ mică s-a trecut, în anii următori, la asimilarea radioreceptorului „Turist", cu aproape toate piesele realizate în ţară (fig. 2).

Tot în anul 1960 s-a pus în fabricaţie seria experimentală a primului radioreceptor romînesc de clasa a II-a, „Enescu", fiind totodată şi primul radioreceptor care permite recepţionarea emisiunilor cu modulaţie de frecvenţă.
Anul 1961 constituie, de asemenea, un nou pas important în dezvoltarea uzinelor „Electronica", an în care s-au pus în fabricaţie primele televizoare romîneşti. Pînă în prezent au fost realizate, pe bază de licenţă şi seturi din import, opt tipuri de televizoare.
Televizorul Tonitza (fig. 3) prezintă un grad de asimilare înaintat al pieselor şi al subansamblurilor, ajungîndu-se la un procent de integrare valoric de circa 70%, ceea ce a dus la o importantă economie valutară. În felul acesta se creează condiţiile realizării sarcinilor celui de-al III-lea Congres al P.M.R., de a atinge în anul 1965 o producţie de 130 000 de televizoare. Tot în anul 1961 a început fabricarea radioreceptorului staţionar „Mioriţa", primul radioreceptor staţionar tranzistorizat, complet integrat.
Concomitent cu fabricarea în ţară a pieselor radio, cu dezvoltarea fabricaţiei receptoarelor tranzistorizate şi a televizoarelor, s-a dezvoltat şi fabricaţia radioreceptoarelor cu tuburi electronice. După radioreceptorul „Enescu", au urmat radioreceptoarele de clasa a II-a „Opera", „Rapsodia", „Tomis", „Darclée", „Modern" şi combinele muzicale „Electronica" şi „Orfeu".
În scopul obţinerii unor produse din ce în ce mai bune, s-au dezvoltat şi încadrat cu elemente calificate serviciile tehnice şi s-au organizat laboratoare pe probleme corespunzătoare grupelor de proiectare, încadrate cu personal de înaltă calificare şi dotate cu aparatură modernă.
Unul dintre laboratoarele care contribuie în mod esenţial la mărirea siguranţei în funcţionare a produselor este laboratorul de climatizări şi încercări mecanice, utilat cu aparate şi dispozitive speciale, care pot realiza cele mai dificile condiţii climatice (umiditate, temperatură, salinitate), de transport şi manipulare, la care ar putea fi supuse în exploatare atît piesele şi subansamblurile, cît şi produsele finite.
Pentru proiectarea şi realizarea aparatelor şi a dispozitivelor electronice de măsură şi control nestandardizate s-a creat în uzină un sector de autoutilare, care s-a dezvoltat continuu începînd din anul 1955. Acest sector are ca obiectiv principal construirea de utilaje pentru liniile tehnologice. Din activitatea acestui sector se pot da ca exemplu montarea actualelor benzi de asamblare şi refacerea instalaţiilor aferente. Pînă la sfîrşitul acestui an vor fi date în exploatare o linie tehnologică de asamblat radioreceptoare tranzistorizate, precum şi o linie tehnologică de asamblat transformatoare.
Tot în acest sector s-au construit şi se construiesc o serie de utilaje pentru punerea în fabricaţie a noilor tipuri de radioreceptoare şi televizoare,

pentru asimilarea integrală a magneților anizotropi și a unei game mai largi de ferite.

Analizînd evoluția concepției produselor, este util a deosebi, în primul rînd, două tipuri principale de radioreceptoare :

a) radioreceptoare cu alimentare din rețeaua de curent alternativ ;

b) radioreceptoare alimentate din baterii.

Radioreceptoarelor alimentate de la rețea li s-a îmbunătățit atît partea de amplificare de joasă frecvență, cît și cea de înaltă frecvență. Astfel a fost introdusă posibilitatea recepționării emisiunilor modulate în frecvență, ceea ce a permis ridicarea substanțială a fidelității de reproducere. Recepționarea emisiunilor modulate în frecvență a permis și îmbunătățirea dinamicii redate prin mărirea raportului semnal/zgomot.

În scopul unei cît mai bune calități a audiției, atît schemele cît și performanțele amplificatorului de joasă frecvență au fost continuu îmbunătățite, ajungîndu-se de la etajul final cu un singur tub, la etaje finale în contratimp cu reglaje de ton pentru frecvențe înalte și joase și în trepte (exemplu radioreceptorul „Modern" — fig. 4).

Creșterea continuă a performanțelor radioreceptoarelor alimentate de la rețea, produse de uzinele „Electronica", se vede și din tabela 1.

Un progres important s-a înregistrat și în realizarea aparatelor alimentate la baterie, acestea făcînd un salt calitativ deosebit prin utilizarea, în locul tuburilor electronice, a tranzistoarelor, ceea ce a permis micșorarea dimensiunilor și a greutății, făcînd posibilă realizarea aparatelor portabile.

Utilizarea tranzistoarelor mai prezintă două mari avantaje : o viață medie mult superioară tuburilor electronice și o siguranță de funcționare ridicată.

O îmbunătățire a performanțelor lor s-a realizat prin introducerea neutrodinării la aparatul „Turist", permițîndu-se să se evite astfel subadaptarea care exista la radioreceptorul „Litoral".

De asemenea, pentru a avea un randament electroacustic superior, o redare acustică mai fidelă, un gabarit și o greutate mai mică, s-a ales schema

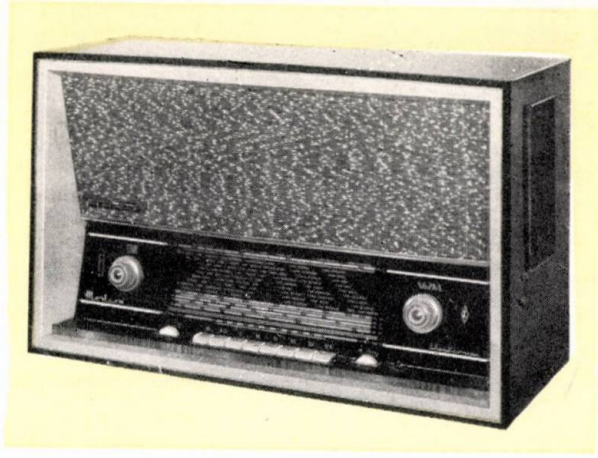


Fig. 4. Radioreceptorul „Modern".

etajului final fără transformator de ieșire, linie care a fost continuată și la realizarea radioreceptorului „Miorița", căruia, prin modificări constructive, i s-au îmbunătățit performanțele, după cum se vede din tabela 2.

În ce privește producția de televizoare, pornită inițial pe baza licențelor și a seturilor din import (Franța, Japonia, R.P.P. și R.P.U), s-a trecut treptat la asimilarea televizorului VS 43-613, integrîndu-se în uzină un număr de 12 repere electrice, precum și o serie de piese mecanice și ornamentale. Pasul următor în asimilarea televizoarelor s-a făcut cu televizorul VS 43-621 „Azur", la care s-au adus unele îmbunătățiri suplimentare, și anume : s-a înlocuit șasiul fix cu șasiul rabatabil ; s-a îmbunătățit sistemul de prindere a tubului cinescop ; s-a modificat

Tabela 1

Caracteristicile tehnice ale unor radioreceptoare cu tuburi electronice

Parametrul	U/M	Radioreceptorul						
		Record	Mureș	Opereta	Concert	Fantezia	Enescu	Modern
Anul de fabricație	—	1949	1956	1958	1959	1959	1960	1962
Numărul de tuburi electronice	bucăți	4	4	5	5	5	7	9
Sensibilitatea pentru 50 mW putere de ieșire	UM și UL US, μV	300 —	50 120	80 120	80 120	100 150	50 75	50 75
Fidelitatea pe tot lanțul	Hz	4 500	3 000	3 000	3 000	3 000	MA 3 500/MF 7 000	MA 4 000/MF 7 000
Selectivitatea la un dezacord de ±9 kHz.	dB	14	16	28	24	24	26	30
Gamele de unde	—	UM,UL	UM,UL, US	UL,UM, US	UL,UM, US	UL,UM, US	UL,UM, 3US,UUS	UL,UM, 3US,UUS
Puterea de ieșire pentru 10% distorsiuni de neliniaritate	W	0,5	1,5	2	1,5	1,5	3	7
Numărul de difuzoare	bucăți	1	1	1	2	2	4	4
Greutatea	kg	4,33	11	10	11,3	13	20	21

Caracteristicile tehnice ale unor radioreceptoare tranzistorizate *Tabela 2*

Parametrul	U/M	Receptorul			
		Litoral	Turist	Miorița	Delta
Anul fabricației	—	1960	1960	1961	1963
Destinația	—	portabil	portabil	staționar	staționar
Numărul de tranzistoare	bucăți	7	7	7	7
Sensibilitatea pentru 50 mW ieșire :					
— unde lungi	mV/m	2	1,5	1	0,8
— unde medii	mV/m	1,5	1	0,5	0,3
— unde scurte	mV/m	—	—	—	0,05
Selectivitatea la ±9 kHz	dB	15	18	20	24
Fidelitatea electrică	Hz	2 500	2 500	2 500	2 000
Gamele de unde	—	UL, UM	UL, UM	UL, UM	UL, UM, US
Puterea de ieșire pentru 10% distorsiuni de neliniaritate	mW	200	250	250	400
Greutatea	kg	2,25	1,25	3	3,5
Puterea consumată, (9V)	W	0,45	0,45	0,45	—

dispunerea blocurilor pe șasiu. Prin perfecționarea acestui televizor (sensibilitate, definiție) s-a trecut la fabricarea noului tip „Tonitza".

S-au executat noi televizoare moderne pe bază de licențe, cu diagonala tubului cinescop de 47 cm („Luchian") și 59 cm (VS-59).

În prezent se proiectează în uzină un nou televizor cu performanțe superioare (tipul E-43, conform tabelei 3).

Performanțele televizoarelor „Electronica" sînt similare cu produsele altor firme străine și sînt arătate în tabela 3.

Încă din anul 1961 a luat ființă o grupă de electronică industrială. Rezultatele nu s-au lăsat așteptate și la începutul anului 1962 uzinele „Electronica" înscriu printre produsele lor primul produs de electronică industrială, umidometrul (fig. 5).

În afară de umidometru, se enumeră generatorul IF capacitiv de 5 kW, precum și alte produse

Date comparative privind diferite televizoare (performanțele

Denumirea	Diagonala tubului cinescop	Sensibilitatea canal, μV I–XII	Atenuarea, dB : canal adiacent superior ; canal propriu ; canal adiacent inferior ; I–XII	Pătrunderea F-intermediară F-imagine, dB	Sensibilitatea sunet, μV	Definiție Mira București	Distorsiuni, %	Radiația	
								cîmp	tensiune
Național	43	7—70	40 —50 20 —30 20 —60	37—60 54—64	15—70	500 centru 400 extrem	1,2—5,7 2 W	—	—
Azur	43	45—200	30 —45 20 —35 12 —18	32—50 40—55	55—75	400 centru 300 extrem	6,5—7 1 W	140* 150**	450* 200
Cosmos	54	15—40	45 —60 21 —25 22 —50	40—60 48—56	20—45	450, 500 centru 400, 450 extrem	7—8 1,5 W	100* 8**	700* 10**
Luchian	47	2—15	52 —60 35,6—40 25 —60	33—46 42—52	5	500 centru 400 extrem	8,5 2 W	300* 50	1 100* 450**
VS—59	59	20—60	24 —32 27 —32 40 —50	48—65	20	450 centru 400 extrem	6,7 1 W	120* 70**	600* 80**
Tonitza	43	15—90	35 —50 21 —28 19 —25	32—45 peste 45	40—75	440 centru 400 extrem	6,5 1 W	100* 150**	—
E43 (Tipul 1964)	43	10—35	38 —46 21 —40 24 —32	46—60 mai mare ca 50	39—50	450 centru 380 extrem	3,2 1 W	100* 150**	—

* Valori indicate pentru gama 0,15 ÷ 1,6 MHz. ** Valori indicate pentru gama 1,6 ÷ 30 MHz.

în curs de realizare, ca: generatorul IF inductiv pentru tratamente termice, instalaţia de antenă colectivă de radio şi televiziune, mijloace tranzistorizate de telecomunicaţii etc.

O dată cu introducerea în fabricaţie a umidometrului, a început amenajarea unei secţii de producţie pentru electronică industrială.

Una dintre cele mai importante sarcini trasate de partid şi guvern industriei noastre în etapa actuală de dezvoltare o constituie lupta pentru continua îmbunătăţire a calităţii produselor. Îndeplinirea acestei sarcini implică găsirea şi aplicarea celor mai avansate procese tehnologice şi metode de control.

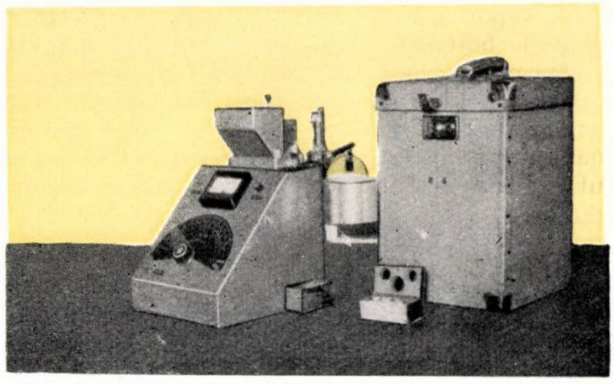


Fig. 5. Umidometrul.

II. Evoluţia tehnologiei de fabricaţie şi control al produselor

În industria electronică, procesele tehnologice au un pronunţat caracter specific pentru a da o mare varietate de piese cu vădită tendinţă de miniaturizare, cu producţie de serie mare, cu o largă mecanizare a operaţiilor, posibilităţi multiple de automatizare, tendinţă de producere a aparatelor din blocuri funcţionale etc., ceea ce a determinat o permanentă îmbunătăţire a tehnologiei pe etape şi introducerea de noi procese tehnologice.

Pentru a face faţă sarcinilor de producţie şi pentru a trece de la situaţia de tributară străinătăţii, în materie de piese radio, la, cea de producătoare, uzina a trecut la asimilarea unor subansambluri de tehnicitate superioară.

S-au procurat noi strunguri automate, raportul dintre acestea şi strungurile revolver crescînd simţitor.

Dacă privim numai cu cîţiva ani în urmă vom vedea că singurele materiale electroizolante utilizate în construirea radioreceptoarelor erau bachelita şi pertinaxul; ca elemente ornamentale, caseta radioreceptorului folosea tot bachelita şi aminoplastul, precum şi ornamentele metalice. În prezent, materialele termoplastice înlocuiesc metalul şi bachelita în toate locurile posibile în

rezultate din buletinele întocmite pe bază de măsurări) *Tabela 3*

Variaţia imaginii cu reglaje						Distorsiuni geometrice					Bandă video
contrast		luminozitate		alimentare							
orizontală %	verticală %	orizontală %	verticală %	orizontală %	verticală %	neliniaritate %	trapez pe orizontală %	trapez pe verticală %	pernă-butoi pe orizontală %	pernă-butoi pe verticală %	
2,5—3,4	1,5—2	3—3,2	1—3	3—5,8	3,1—6,1	8—9	1—2,7	1—1,5	1—2,2	1,8—2,7	5,7
0,6—2,36	0,9—1,8	0,6—35	0—2,31	1,8—6,9	3,4—6,8	4,77—10	0,165	0,37—1,59	1,3—6,3	0,3—1,2	2,8
2—5	2—4	1—5	1—3	4—10	4—8	7—9	1—3	1,5—3	1—3	1,5—3	5,3
0,5	1	0,5	4	3,5	3,8	5,5	2,5	1,8	2,2	1,8	5,4
neobservat		5	5	5	5	10	0,5	0,75	2,6	1,25	4,5
3—3,8	2—3	6—7,5	4,5—5	8,5—9	7,5—8	4—5	2,4—3	2,9—3	2,8—4,5	3—4	4,5
1	2,5	3	2,9	1,8—3,5	2,5—3,8	8	2	1	imperceptibile		4,9—5,3

radioreceptoare : carcase pentru bobine, carcase trafo, suport contact radiofrecvență, ac indicator, scripeți, butoane, clape, piese ornamentale etc. Utilizarea pieselor din materiale termoplastice are multe avantaje : ușurința în execuție, scăderea greutății pieselor, obținerea unor performanțe electrice superioare, aspectul plăcut, prețul de cost mai scăzut, mărirea productivității muncii.

Trecerea la realizarea, în uzina „Electronica", a unor repere din materiale plastice pentru radioreceptoare a fost la început timidă. Astfel, în perioada 1957—1960 s-au lucrat cîteva repere, ca : piulițe, carcase, butoane, tambure de bachelită și aminoplast, cu un utilaj redus (2—3 prese hidraulice și tot atîtea prese manuale). Abia în anul 1960 au fost puse în funcțiune primele două prese de injecție pentru piese din materiale termoplastice, realizîndu-se o calitate superioară, o mai mare varietate de repere și o productivitate mărită.

Pe această cale s-au înlocuit materialele feroase și neferoase deficitare.

Pentru prelucrarea materialelor plastice s-au adus și au fost instalate, în perioada 1961—1963, utilaje care acoperă aproape integral nevoile de producție ale uzinei privind reperele cu o greutate de la 35 la 1 000 g ; s-a dat în exploatare mașina de debavurat și lustruit termoplaste, care înlocuiește sistemul de curățare manuală ; s-au instalat două mașini de pastilat necesare tehnologiei de formare a duroplastelor ; s-a trecut la folosirea poliamidelor și la realizarea pieselor cu inserții metalice (ax acord, subansambluri, ax opritor, subansambluri bucșe etc.).

S-au proiectat și utilizat matrițe cu un număr mare de cuiburi, realizîndu-se o productivitate sporită a utilajelor.

Calitatea ansamblului RF a crescut o dată cu productivitatea prin introducerea sistemului de lucru în flux continuu încă în anul 1958.

În ceea ce privește utilajul pentru bobinare s-a urmărit dotarea uzinei cu mașini de bobinat multiple și mașini tehnologice speciale. Încă din anul 1961 s-a introdus bobinarea multiplă cu 4—6 bobine simultan. La bobinare s-a introdus sîrma cu izolație de poliuretan care se cositorește direct în baie, fără a necesita o curățare prealabilă a izolației.

În anul 1961 a fost pusă în funcțiune o a doua mașină automată de tăiat și dezizolat conexiuni pentru lungimi de la 30 mm pînă la 1 500 mm.

În materie de acoperiri metalice, în această perioadă s-au făcut mari progrese. S-a pus la punct procesul tehnologic de zincare-pasivizare, prin care s-a îmbunătățit aspectul pieselor și s-a mărit rezistența la acțiune a agenților atmosferici. Rezistența la uzură a contactelor arcuitoare a fost mărită prin argintarea dură.

În scopul economisirii materialelor deficitare s-a înlocuit alama cu aluminiu eloxat la fabricarea ornamentelor, ceea ce a dus la realizarea unui aspect plăcut, la îmbunătățirea calității și la reducerea prețului de cost. Se prevăd extinderea eloxării și mărirea gamei de culori, pe lîngă culorile galben și auriu realizate pînă în prezent. S-a realizat înlocuirea cadmierii cu zincare, fapt care mărește rezistența la uzură a pieselor și micșorează prețul de cost.

Pe aceeași linie a ridicării calității și a obținerii unui aspect plăcut al pieselor s-a trecut la nichelarea lucioasă și lustruirea electrochimică a unor piese.

Realizarea potențiometrelor, începută în uzinele „Electronica" în anii 1957—1958, a fost ridicată la un nivel tehnologic superior, cercetările continuîndu-se și în prezent pentru continua îmbunătățire a tehnologiei de depunere a pastei și de polimerizare a potcoavei, precum și depunerea capetelor de argint.

În realizarea scărilor radio s-a trecut de la tehnologia imprimării negru bronz (perioada 1957—1960) la imprimarea offset și apoi la cea serigrafică, practicată pe scară mondială ; astfel, calitatea crește, posibilitățile colorărilor sînt variate, aspectul devine plăcut, se reduce prețul de cost și crește substanțial productivitatea muncii. Imprimarea plăcilor spate, care se realiza cu foi subțiri de bronz, se execută în prezent prin metoda offset, ceea ce dă posibilitatea realizării unei game variate de culori.

În perioada 1961—1962 s-au adus îmbunătățiri tehnologice în fabricația difuzoarelor, ca :

— pneumatizarea operațiilor de asamblare ;
— depunerea lacului adeziv prin pompare, în locul pensulării.

Tot în această perioadă s-au pus în fabricație magneții ceramici anizotropi, de calitate superioară, pentru difuzoarele de 4 VA și 1 VA eliptice, aceștia urmînd a se extinde la o altă serie de repere.

În anii 1959—1963 s-au pus bazele fabricării feritelor moi pentru miezuri trafo, oale ferită și antene ferită. În prezent se asimilează o serie de alte repere din ferită pentru televizoare.

Etapele parcurse de procesul tehnologic au fost însoțite de metode de control corespunzătoare, care s-au perfecționat în funcție de creșterea performanțelor produselor de serie mare.

Problemele puse în fața controlului tehnic de calitate au crescut, în complexitate, pe măsura integrării producției de piese în anii 1958—1961 și a creșterii exigenței oamenilor muncii în ceea ce privește calitatea radioreceptoarelor și a televizoarelor.

Volumul producției în continuă creștere, varietatea reperelor, toleranțele pieselor și neuniformitatea execuției lor au impus, inițial, executarea controlului bucată cu bucată. Aceasta a necesitat un număr ridicat de controlori și urmărirea ridicării continue a pregătirii lor profesionale, prin acumulare de experiență pe locul de muncă și prin cursuri de tehnică avansată.

Concomitent cu ridicarea calificării corpului de controlori s-a început trecerea la metode de control superioare. În anul 1962, cînd s-a redus numărul tipurilor de radioreceptoare fabricate de

uzină, s-au introdus controlul final suplimentar şi controlul prin sondaj. Consecinţa imediată a aplicării acestui sistem de control a fost scăderea defectelor la produsele finite de la 7—9% la sub 3%, şi posibilitatea depistării operative a defectelor sistematice.

În prezent, datorită uniformităţii din ce în ce mai mari a producţiei, sistemul de control a început să treacă la metoda statistică, metodă care — aplicată în prezent la producţia finită de radioreceptoare şi televizoare — asigură certitudinea că aparatele produse corespund performanţelor prevăzute în normele interne.

Pentru ca atît receptoarele şi televizoarele, cît şi orice produs electronic fabricat la uzinele „Electronica", să-şi îndeplinească destinaţia este absolut necesar ca, pe lîngă performanţele electro-acustice, să ofere o înaltă siguranţă în funcţionare şi o durată de serviciu cît mai mare. Funcţionarea ireproşabilă a unui produs se asigură, în primul rînd, în etapa sa de elaborare şi construcţie. În plus, pe subansambluri, siguranţa depinde de calitatea pieselor componente, de calitatea operaţiilor de asamblare, de numărul de piese care intră în produs şi de regimul de lucru al pieselor care îl alcătuiesc ; tipizarea unor piese şi normalizarea măresc, de asemenea, în mod apreciabil siguranţa şi duc la perfecţionarea tehnologiei de fabricaţie şi a metodelor de verificare.

Pe lîngă cele arătate, ori cît de mare ar fi siguranţa de funcţionare, nu se poate neglija situaţia creată prin ieşirea din funcţiune a aparatului. De aceea, reparabilitatea (uşurinţa de reparare) crescută, exprimată prin raportul dintre durata de serviciu fără defecte şi durata de nefuncţionare necesară înlăturării defectului sau întreţinerii aparatului, este unul din factorii importanţi de care se ţine seamă la elaborarea noilor scheme de aparate.

Pentru a mări siguranţa în funcţionare, uzinele „Electronica" au luat o serie de măsuri, ca de exemplu :

1. Elaborarea de scheme noi, proiectate pe baza blocurilor funcţionale şi folosirea cablajelor imprimate, asigurîndu-se astfel o uniformitate şi o reparabilitate mărită. Pe această linie se înscriu radioreceptoarele „Mioriţa", „Modern", „Turist", „Delta", precum şi televizoarele „Azur", „Tonitza" şi E-43.

2. Tranzistorizarea, care contribuie la mărirea duratei de funcţionare ireproşabilă, elimină total defectele care se datoresc tuburilor electronice.

3. Extinderea metodei de ardere făcută pe aparatele montate, adică punerea acestora în funcţiune pe o perioadă de 1—2 h pentru a forţa apariţia defectelor, a căror frecvenţă este destul de ridicată în primele ore de funcţionare a aparatului.

În cele ce urmează se vor arăta metodele folosite de serviciul de control tehnic de calitate, în scopul creşterii calităţii şi a siguranţei în funcţionare :

— utilizarea punctelor de control cu aparate şi dispozitive care să permită o verificare uşoară şi o informare completă asupra performanţelor pieselor, subansamblurilor sau ansamblurilor controlate ;

— extinderea sistemului de control prin sondaj, metodă care s-a dovedit a fi extrem de eficientă.

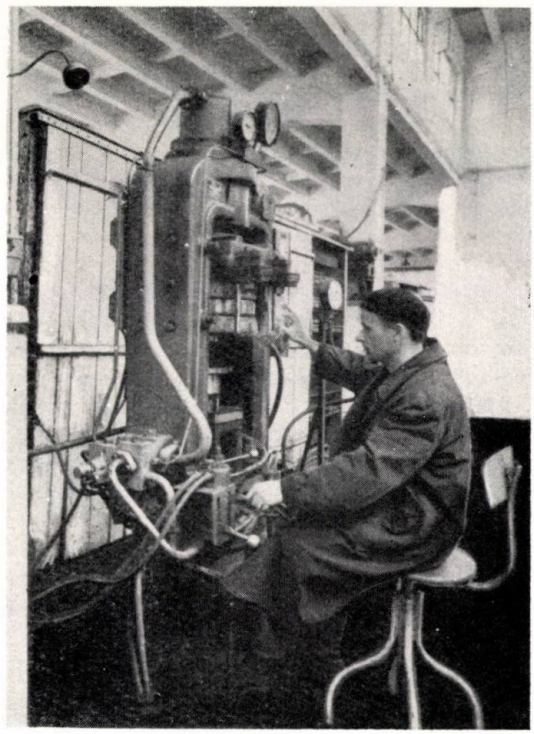


Fig. 6. Presa de 45 t, pentru presarea magneţilor anizotropi.

Astfel, încă din anul 1962 s-a introdus sondajul la radioreceptoare, iar din anul 1963, şi la televizoare. Rezultatele sondajului sînt trecute în informările zilnice şi sînt difuzate secţiilor de producţie, organelor CTC şi conducerii uzinei.

Aceste situaţii zilnice permit o localizare rapidă şi remedierea operativă a deficienţelor constatate, în care scop controlorul tehnic conlucrează cu serviciile tehnice şi cu cele de producţie.

Afară de activitatea de sondaj în sectorul radioreceptoarelor, s-a trecut, la începutul anului 1963 la sondajul pieselor şi subansamblurilor, problemă mai complexă avînd în vedere cunoştinţele necesare, în special în mecanică şi tehnologie.

Afară de activitatea de sondaj, un al doilea sondaj mai profund se execută la 2% din lot. Acest sondaj prevede verificarea electrică a celor mai importante performanţe trecute la norma internă a produsului, şi aceasta se execută atît la radioreceptoare, cît şi la televizoare.

În sfîrşit, peste aceste controale se suprapun şi se completează controalele decadale, în care se verifică toate condiţiile din norma internă, prin aşa-numitele măsurări de tip, care se trec în buletinele de încercare.

Toate rezultatele formelor de control prin sondaj se evidenţiază statistic — zilnic, săptămînal şi lunar — ceea ce permite depistarea defectelor

sistematice, determinarea cauzelor producerii lor şi întocmirea dinamicii calităţii produselor.

De asemenea, Serviciul CTC urmăreşte şi comportarea aparatelor în perioada precomercială şi în exploatare. Astfel, prin depanatorii de teren, dirijaţi iniţial direct de uzină, iar acum de către reprezentanţele tehnice regionale ale uzinei, se înlătură defecţiunile care apar datorită condiţiilor de transport, manipulare sau depozitare, înainte ca aparatele să fie prezentate spre vînzare. Datorită acestei acţiuni, unităţile comerciale au la dispoziţie spre vînzare totalitatea aparatelor livrate de uzină.

În ce priveşte comportarea aparatelor în exploatare — pe lîngă datele furnizate de unităţile UCECOM, care asigură depanarea în termenul de garanţie — uzina a iniţiat luarea în garanţie proprie a cîte 100 de aparate de radio şi televizoare de fiecare tip pentru a cunoaşte concret şi real defectele care apar şi frecvenţa lor.

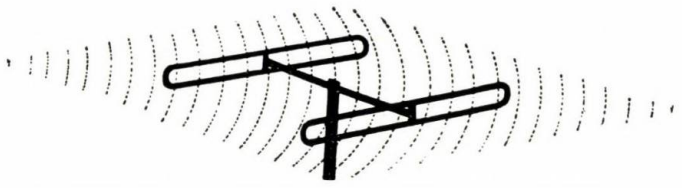
Din materialul statistic întocmit de serviciul CTC rezultă că ponderea cea mai mare de defecte se datoreşte: condiţiilor de transport şi manipulare 25—30%; tuburilor electronice 25—50%; uzinei 10—18%.

Dintre defectele cele mai frecvente se semnalează: lipituri incorecte, scurtcircuit între piese, piese care se defectează în timpul funcţionării (rezistenţe, condensatoare, potenţiometre etc.). Toate aceste categorii de defecte sînt însă în continuă scădere. Astfel, s-au înregistrat între trimestrul I/1963 şi trimestrul III/1963 următoarele procente: lipituri incorecte de la 26 la 10%; scurtcircuite de la 12 la 2%; piese defectate de la 8 la 4—5%.

Aceste date prezentate sumar se analizează periodic şi se iau măsuri pentru înlăturarea cauzelor care produc defectele.

Reţeaua de depanare a uzinei este organizată prin reprezentanţe tehnice regionale care au ca scop urmărirea comportării în exploatare a produselor uzinei, depanarea în reţeaua comercială, asistenţa tehnică dată unităţilor cooperaţiei meşteşugăreşti care asigură întreţinerea în perioada de garanţie, precum şi instruirea personalului din reţeaua comercială care asigură desfacerea radioreceptoarelor şi televizoarelor.

Comportarea produselor uzinei în exploatare este în permanenţă urmărită şi analiza datelor obţinute va permite proiectanţilor, tehnologilor şi organelor CTC să ia toate măsurile care se impun pentru a asigura o calitate tot mai ridicată a produselor uzinelor, pentru ca oamenii muncii din ţara noastră să aibă numai satisfacţii prin folosirea produselor uzinelor „Electronica".



Progresul tehnic la Uzina de maşini electrice — Bucureşti

Sandu Segal, Victor Bunea şi
Alexandru Berberian — Bucureşti

CZ 621..312 : 621.313 (498) UMEB

Uzina de maşini electrice — Bucureşti, prima uzină de acest fel construită în R.P.R., a împlinit anul trecut, la 7 noiembrie, 15 ani de existenţă.

Rod al politicii economice de industrializare socialistă a ţării, iniţiată de partid, dotată cu utilaje şi echipament tehnologic corespunzător, uzina s-a transformat rapid într-o unitate fruntaşă a sectorului electrotehnic cu un înalt grad de tehnicitate.

Neexistînd o tradiţie tehnică moştenită din trecutul industrial al ţării, în afară de cîteva tipuri învechite de produse electrotehnice şi de un nivel tehnic limitat la posibilităţile unei producţii meşteşurăreşti, colectivul de muncă al uzinei a avut ca fir conducător al activităţii, în toată perioada existenţei sale, progresul tehnic sub toate aspectele şi, în principal: ridicarea nivelului de concepţie a produselor şi contribuţia proprie la găsirea celor mai moderne soluţii constructive şi tehnologice etc.

Directivele Congreselor al II-lea şi al III-lea ale P.M.R., Plenarele C.C. al P.M.R., Hotărîrile C.C. al P.M.R. şi ale Consiliului de Miniştri al R.P.R. au constituit un îndreptar preţios pentru colectivul de muncitori, ingineri şi tehnicieni al uzinei în lupta pentru introducerea progresului tehnic. În acest articol se prezintă cele mai semnificative realizări, din punct de vedere tehnic, care ilustrează munca depusă în aceşti ani în uzină. Principala activitate tehnică a fost orientată spre asimilarea de produse noi şi reproiectarea produselor existente pentru aducerea acestora la performanţe tehnico-economice comparabile cu cele mai bune produse similare străine.

O atenţie deosebită s-a acordat elaborărilor de serii unitare de maşini electrice, astfel dimensionate încît numărul de diametre, lungimi, cres-

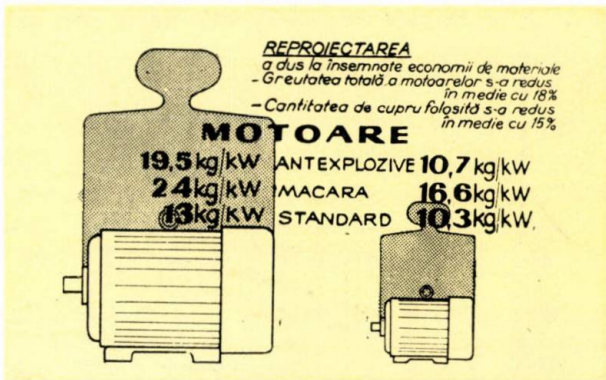


Fig. 1. Reducerea greutăţii la seriile de motoare reproiectate.

tături să fie minim şi să permită o fabricaţie tehnologică superioară.

Construcţiile realizate în perioada anilor 1948—1955 pentru motoarele asincrone în scurtcircuit şi cu inele, motoarele de macara, motoarele antigrizutoase, motoarele cu siguranţă mărită pentru instalaţii petroliere au fost reproiectate de cîte două şi trei ori, astfel încît noile serii fabricate în anii 1962—1963 au fost realizate la un înalt nivel tehnic şi în gabarite mult reduse (fig. 1).

Acestei activităţi de proiectare de produse noi şi de reproiectare permanentă a tipurilor fa-

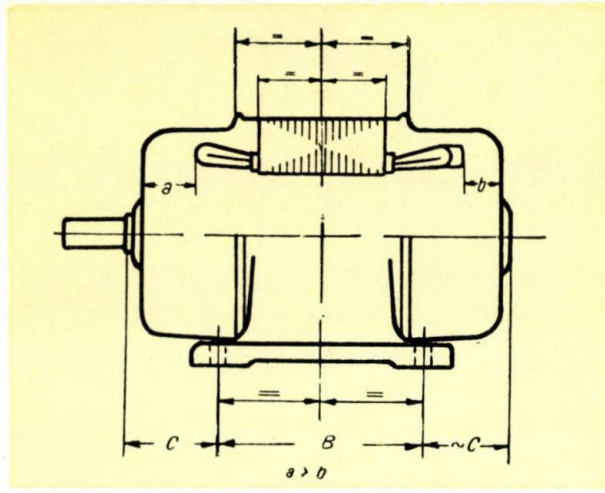


Fig. 2. Construcţia simetrică în cote CEI.

bricate anterior i-au corespuns un volum de muncă mare şi o activitate tehnică deosebită. Astfel, numai în anii 1959—1962, s-au realizat 232 de proiecte şi 231 de prototipuri de produse noi sau modernizate, majoritatea fiind realizate în producţie şi date în fabricaţia curentă.

Această activitate a fost precedată de o muncă de documentare intensă şi o cercetare atentă. În perioada anilor 1959—1962 a fost realizat un număr de 66 de teme de cercetare, din care 41 au fost aplicate cu succes în fabricaţie, ca de exemplu reducerea zgomotului la motoarele de troleibuze şi îmbunătăţirea ventilaţiei la motoarele asincrone din seria unitară.

Se va arăta, în continuare, felul în care această muncă s-a reflectat în activitatea de proiectare şi reproiectare.

Motoarele asincrone normale şi, dintre acestea, cele cu rotorul în scurtcircuit reprezintă maşinile electrice cu cea mai mare răspîndire în exploatare. Ca urmare, execuţia lor are o importanţă deosebită, atît ca parametri, cît şi ca tehnologie şi siguranţă în funcţionare.

Uzina de maşini electrice-Bucureşti, în cadrul seriei unitare de motoare asincrone între 0,6 şi 100 kW, a pus la punct proiectele celor două gabarite ce îi revin, la care, ulterior, s-a adăugat, prin extinderea pînă la 200 kW, şi un al treilea gabarit.

Prin tema de proiectare se stabiliseră cîteva idei de principiu care, pentru a putea înţelege mai clar desfăşurarea ulterioară a lucrărilor, este bine să fie reamintite.

---

* *S. Segal* este inginer şef la UMEB; *V. Bunea* şi *Al. Berberian* sînt ingineri principali la aceeaşi uzină.

Maşinile urmau să se execute în cote de montaj internaţionale, cu pachetul aşezat simetric în carcasă şi cu tălpile, de asemenea, simetrice faţă de axa verticală a acesteia (fig. 2). Această

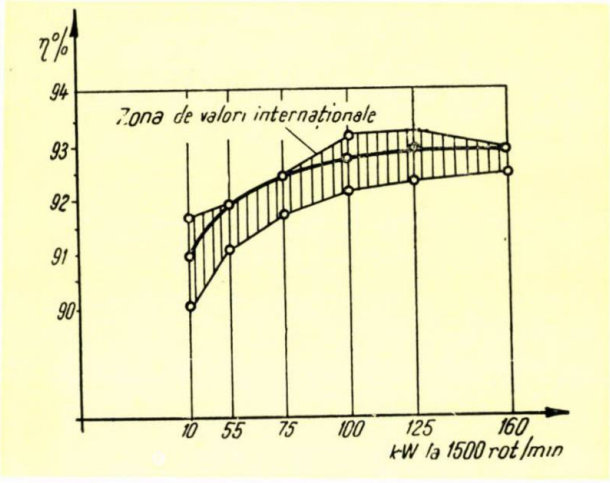


Fig. 3. Valorile randamentului seriei unitare.

concepţie, comună tuturor celor care iniţiau serii de motoare în cote CEI, prin condiţia de simetrie şi prin fixarea cotelor B şi C limita, cu oarecare aproximaţie, volumul fiecărui gabarit şi, implicit, lungimea miezului magnetic. Or, aceste volume reprezentau, la puteri egale, o reducere de aproximativ 15% faţă de seria anterioară executată la UMEB, reducere care trebuia obţinută cu păstrarea încălzirilor şi ameliorarea parametrilor electrici.

Într-adevăr, încălzirile vechilor serii se situau între 60 şi 65°C, la limita admisă de STAS 1893-50 pentru clasa de izolaţie A, la temperatura medie ambiantă de +35°C. Deşi noua serie unitară a fost executată în clasa E, care permite încălziri de +75°C pentru o temperatură ambiantă de 40°C, totuşi pentru mărirea siguranţei în exploatare şi a duratei de viaţă a maşinii, încălzirile au fost limitate la 65—70°C, ceea ce, practic, înseamnă o rezervă de 10—15°C pentru clima temperată, faţă de maximum 5°C la seria anterioară. În ceea ce priveşte factorul de putere şi randamentul, opinia generală a fost de a majora valorile vechiului STAS 1764-56; majorarea însă s-a făcut mai accentuat pentru valorile randamentului. Aceasta pentru că, dacă din raportul pierderilor de gol şi de sarcină faţă de totalul pierderilor se poate face ca variaţia randamentului cu sarcină să aibă o anumită alură cu valori aproape constante între 2/4 şi 4/4 din putere, valoarea factorului de putere scade o dată cu sarcina şi nu poate fi modificată prin proiectare.

De altfel, ameliorarea cu un procent al randamentului echivalează la un motor de 55 kW, 1 500 rot/min cu o economie (socotind 8 h de funcţionare zilnic) de aproximativ 500 lei anual.

S-au ridicat, aşadar, valorile parametrilor, cu precădere la randament, la valori sensibil superioare vechiului standard şi la un nivel general absolut comparabil cu al celor mai moderne serii străine similare (fig. 3 şi 4) realizate în aceeaşi perioadă de timp sau ulterior.

Desigur, ameliorarea performanţelor şi reducerea încălzirilor limită sînt elemente opuse reducerii de volum şi de material activ. Obţinerea simultană a ambelor deziderate s-a făcut pe baza unei munci serioase de proiectare şi experimentare, ale cărei elemente de bază au fost:

— folosirea de materiale izolante superioare, atît pentru crestătură, cît şi pentru conductoare;
— ameliorarea ventilaţiei maşinilor;
— exploatarea integrală a circuitului magnetic pe baza unei metodici de calcul conţinînd procedee şi coeficienţi originali.

La rîndul lor, aceste progrese în domeniul concepţiei calculului au impus altele, pe întreaga filieră de fabricaţie, însă în articol se va arăta un singur exemplu. Folosirea de materiale izolante de crestătură, de o grosime redusă, impune ca feţele crestăturii împachetate să fie foarte line, eventualele tole ieşite riscînd să perforeze şi să provoace puneri la masă. Eliminarea acestui pericol a făcut necesară o punere la punct a întregului proces de fabricaţie al pachetelor de tole începînd cu ştanţarea pe matriţe-bloc, transportul şi izolarea în ordinea ştanţării, pe dispozitive speciale.

Puse în fabricaţie din anul 1960 pentru maşinile închise, şi în anul 1961 pentru cele protejate, motoarele în scurtcircuit ale seriei unitare au justificat aşteptările, ducînd la o ridicare sensibilă a nivelului tehnic al produselor respective, ceea ce a avut ca urmare ridicarea nivelului tehnic şi la alte produse fabricate.

Avantajele unei serii unitare însă nu îşi capătă întreaga lor semnificaţie decît atunci cînd, grefate pe maşinile de bază, se realizează şi toate variantele constructive şi electrice posibile, astfel încît să se asigure un sortiment foarte larg de

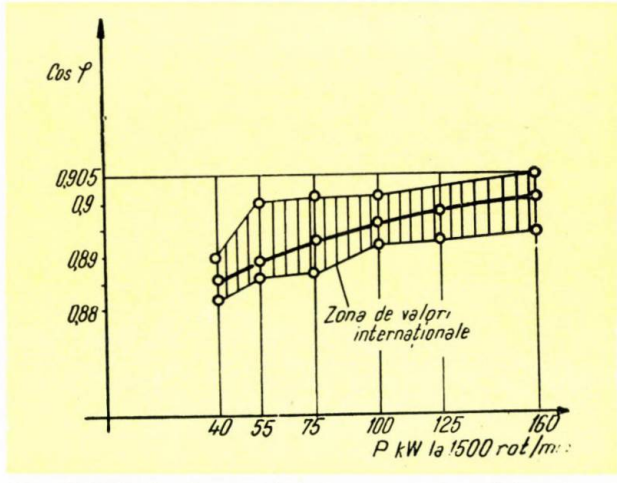


Fig. 4. Valorile factorului de putere al seriei unitare.

produse, folosind însă în majoritatea lor aceleaşi repere executate în serii lungi, cu dispozitive cît mai perfecţionate şi cu mijloace pe cît posibil mecanizate, ceea ce, pentru uzină, care are multe

sortimente în serii mici, prezintă o importanță mare.

Gîndite ca atare de la primele începuturi de proiectare, o numeroasă gamă de variante a apărut și la UMEB aproape simultan cu seria de bază.

Cea dintîi a fost solicitată varianta tropicalizată menită să răspundă numeroaselor cereri de export, ca motoarele care acționează agregate complexe.

Lăsînd la o parte acoperirile anticorosive și vopsirile care, cu toată importanța lor covîrșitoare, reprezintă totuși un element care se întîlnește și la alte produse destinate zonei tropicale, din punct de vedere constructiv, diferențele față de seria normală au putut fi astfel organizate încît să reprezinte în fond două deziderate: majorarea clasei de izolație și ameliorarea etanșeității la trecerile arborelui, paralel cu realizarea produselor și la 60 Hz.

Clasa de izolație superioară, clasa B în loc de E, este necesară și pentru mărirea rezervei de încălzire pe care aproape toți autorii o recomandă sporită la mașinile destinate funcționării în climat tropical. Mai mult, nemulțumindu-se cu rezerva cîștigată prin trecerea de la clasa E la B, unele firme au tendința măririi ei prin scăderea puterii, soluția definitivă urmînd a fi precizată de calitatea izolației utilizate de fiecare și de experiența de exploatare. În ceea ce privește etanșeitatea, pentru a împiedica pătrunderea apei în casetele rulmenților se înlocuiește căpăcelul obișnuit (fig. 5) cu un căpăcel în labirint, vaselina din interstiții reprezentînd o bună pavăză în calea stropilor.

De altfel, aceeași soluție constructivă la căpăcele, fără nici un fel de modificare a miezului electromagnetic și a vopsirilor, este folosită și pentru împiedicarea pătrunderii prafului fin în cazul livrării unei serii derivate speciale, destinate folosirii în locuri cu praf mult și fin.

O altă serie derivată, care s-a livrat aproape simultan cu cea normală, a fost aceea a motoa-

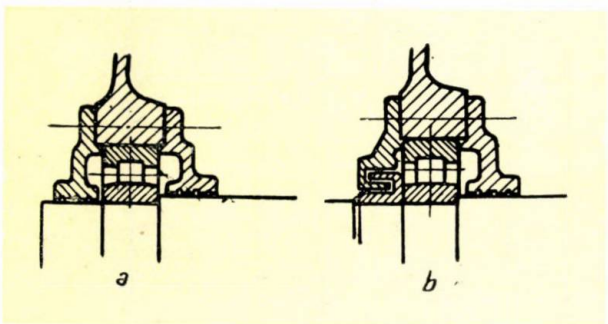


Fig. 5. Sistemul de etanșare a căpăcelelor:
a — la mașini normale; *b* — la mașini T.H. și P.

relor cu siguranța mărită. Întrebuințate peste tot unde condițiile mediului ambiant, încărcat cu vapori care dau un amestec detonant în contact cu aerul, cer un motor care să nu provoace vreo explozie, fără însă ca pericolul să fie atît de accentuat încît să impună motoare în carcasă sigură la explozie, această serie are o largă răspîndire în țara noastră, în special la utilarea echipamentelor petroliere. Condițiile de siguranță mărită au, în fond, două direcții principale: evitarea unor scîntei accidentale, fie de natură mecanică, fie de natură electrică, și asigurarea unor temperaturi care să fie sensibil sub limita de aprindere a amestecului respectiv. În prima categorie intră o serie de măsuri în legătură cu distanțele de conturnare la placa de borne, măsuri care este bine să existe și la seria normală, așa că nu reprezintă nici o modificare față de aceasta; în plus, s-a adoptat, ca și la mașinile tropicale, o izolație de clasa B, care dă și o rezervă mai mare de căldură și o exploatare de mai lungă durată.

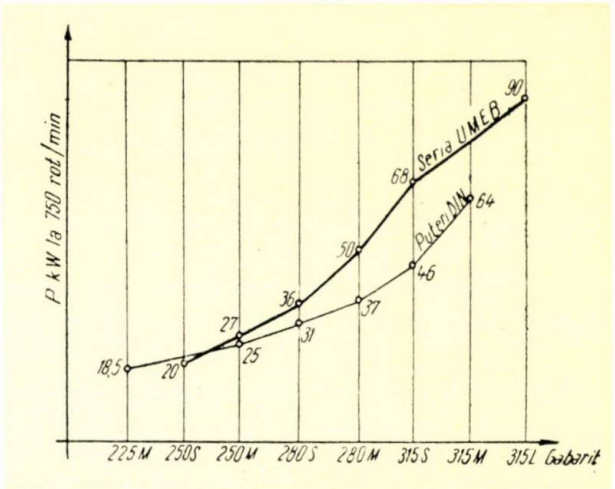


Fig. 6. Scara de puteri UMEB și DIN pentru mașini Exd$_i$G3.

Pentru încălzire, regula generală adoptată de către toți constructorii este de a reduce puterea mașinilor normale, așa încît limitele lor de încălzire să fie cu circa 10°C sub cifra admisă de clasa respectivă, verificîndu-se în același timp dacă rotorul, în eventualitatea unei blocări a mecanismului antrenat, nu atinge temperaturi periculoase decît după un timp suficient de lung pentru a permite automatelor să reacționeze. Scăderea de putere adoptată de UMEB la seria sa este de 10% față de seria normală, obținîndu-se, la gabarite egale, puteri sensibil mai mari decît cele indicate de alți producători (fig. 6). Aceasta se datorește atît rezervei de căldură (s-a arătat că s-a prevăzut încă la mașinile normale), cît și unei bune dimensionări a rotorului, acesta avînd, de obicei pentru t_E (timpul cînd se ajunge la temperatura periculoasă în cazul rotorului blocat) valori de circa 20 s față de numai 10 s recomandate de normă și 5 s limita inferioară admisă. Cu toate acestea, mașinile obținute sînt de dimensiuni relativ mici, în special dacă le comparăm cu vechile motoare pe care le producea fabrica în aceeași categorie. În figura 7 s-a făcut această comparație, la care trebuie să adăugăm că în timp ce seria veche era în protecție P22, seria nouă este în protecție P33, ceea ce permite funcționarea în aer liber.

Nu se insistă asupra acestor parametri a căror analiză ar necesita un volum deosebit; se men-

ționează numai că ei se găsesc la același nivel cu cei ai seriei normale, cu corectura obișnuită datorită scăderii de putere de la 100 la 90%. Una dintre modificările cele mai uzuale este

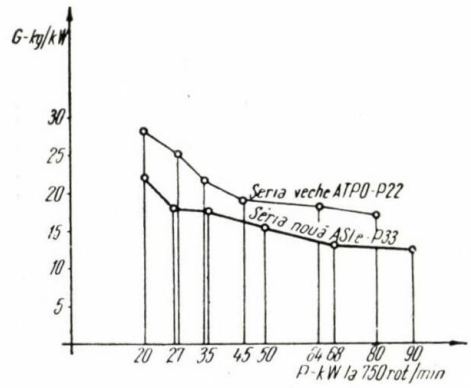


Fig. 7. Greutățile specifice ale seriei petrol, veche și nouă.

aceea care conduce la o serie cu cuplu de pornire mărit față de cel al seriei normale.

Pentru seria Uzinei de mașini electrice — București, fără nici un fel de modificare constructivă, se folosește o turnare specială a coliviei rotorice, cu un aliaj cu rezistență mai mare, care asigură cupluri de pornire de o multiplicitate de circa 1,8 la seria modificată față de 1,2 la seria normală.

În prezent se află în studiu și o altă variantă cu cuplu foarte mare, care va asigura valori ale cuplului de pornire de 2,4—2,6 cuplul nominal, la o alură foarte favorabilă a curbei momentelor. Această curbă a fost reprezentată, pentru toate trei seriile (normală și două modificări), în figura 8.

În cadrul discuțiilor specialiștilor pe linie de C.A.E.R. a fost inițial stabilit că, cel puțin pentru mașinile închise, nu pare posibilă realizarea aceleiași puteri ca la mașina în scurtcircuit, chiar la folosirea clasei F de izolație, în aceleași dimensiuni de montaj, recomandîndu-se ca pentru seria închisă cu rotor bobinat să se folosească aceeași scară de puteri, însă deplasată cu o treaptă mai jos. Această premisă a fost verificată atît prin experimentări proprii, cît și prin analiza puținelor construcții străine care au încercat această soluție.

Pornind de la această bază, UMEB a elaborat seria folosind aceleași carcase și scuturi și un pachet de tole ceva mai scurt față de mașina în scurtcircuit (geometria tolei menținîndu-se însă aceeași la stator). Într-adevăr, folosirea unui pachet de aceeași lungime nefiind suficientă pentru asigurarea aceleiași puteri, a însemnat totuși o supradimensionare în cazul treptei de putere inferioară. În ceea ce privește execuția înfășurării rotorice a fost preferată varianta execuției cu fire rotunde, care, dacă din punct de vedere mecanic prezintă unele dezavantaje față de soluția în bare, dezavantaje care se pot însă ușor remedia prin mijloace constructive adecvate și prin folosirea unui lac de impregnare de bună calitate, are însă asupra soluției în bare două avantaje hotărîtoare :

— permite obținerea unor curenți rotorici mici, care duc la ansambluri de inele și perii reduse și sigure în exploatare ;

— permite potrivirea valorii curenților rotorici ai diferitelor mașini în așa fel încît să se poată sistematiza și tipiza respectivele reostate de pornire.

Reușita seriei a fost totală, ea executîndu-se curent în clasa de izolație E atît pentru stator,

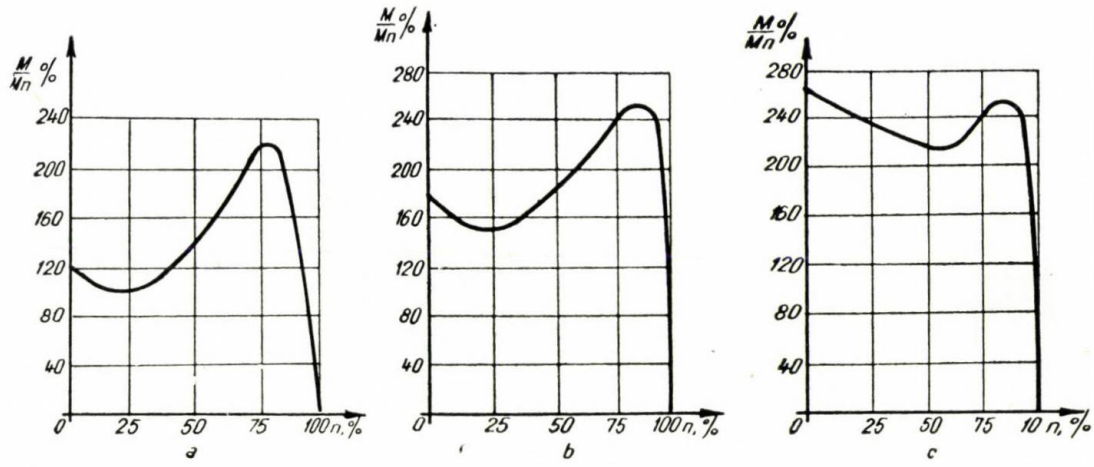


Fig. 8. Alura cuplului :

a — la seria normală ; *b* — la seria cu cuplu mărit ; *c* la seria cu cuplu foarte mare.

Derivarea seriei cu rotor bobinat și inele colectoare a rămas la sfîrșit în mod intenționat, pentru că liniile directoare în elaborarea ei sînt diverse și elementele care intră în considerare, numeroase, necesitînd o discuție specială.

cît și pentru rotor, la greutăți specifice și performanțe comparabile cu ale seriilor similare aflate actualmente pe piața mondială.

Această reușită a confirmat faptul că se poate încerca și obținerea aceleiași puteri cu mașinile

în scurtcircuit, în aceleaşi dimensiuni de montaj, problemă care se studiază în prezent.

Într-adevăr, în opoziţie cu cele reprezentate în figura 2, ulterior a apărut o tendinţă aproape generală, atît pe piaţa vestică (Siemens, Schneider-Westinghouse), cît şi în cadrul ţărilor din cadrul C.A.E.R. (R.D.G., R.S.C.), de a nu mai folosi soluţia simetrică, fie pentru că aceasta nu permite obţinerea puterii dorite, fie pentru a putea oferi o putere mai mare în cote de montaj reduse (fig. 9).

Acest mod de soluţionare nu a fost necesar pînă acum în variantele folosite de UMEB şi, în general, la asimilarea seriei unitare de motoare asincrone din R.P.R.; faţă de tendinţa generală, el poate fi luat în considerare în cazul special al obţinerii seriei de maşini închise cu rotor bobinat în aceleaşi dimensiuni de montaj ca maşinile cu rotorul în scurtcircuit. Pînă atunci seria actuală este perfect comparabilă cu celelalte serii moderne (fig. 10), reprezentînd în acelaşi timp un serios progres tehnic faţă de seriile anterioare produse la UMEB şi avînd toate avantajele

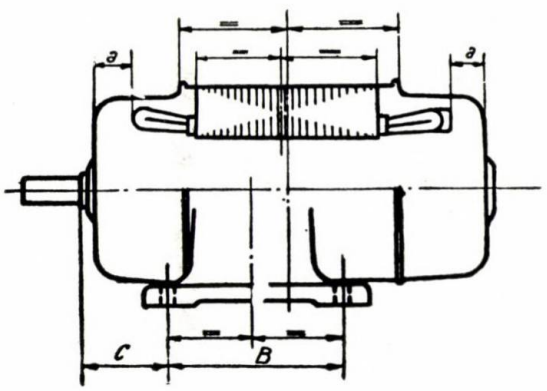


Fig. 9. Construcţia nesimetrică în cote CEI.

datorită folosirii în proporţie de 80% a reperelor comune cu maşiniile corespunzătoare cu rotor în scurtcircuit.

Trebuie menţionată, de asemenea, şi creşterea cu 6% a coeficientului de înzestrare cu SDV-uri a noii serii de motoare asincrone în scurtcircuit paralel cu reducerea manoperei de peste 6% (pentru tipul reprezentativ de 40 kW, 100 rot/min).

Pentru a obţine rezultate cît mai substanţiale pe linia progresului tehnic continuu s-a studiat la U.M.E.B. chiar concepţia constructivă şi tehnologică a produselor, aplicînd soluţii cel puţin echivalente produselor similare din ţările cele mai avansate.

În afara celor arătate cu privire la seria de motoare normale în scurtcircuit şi cu inele colectoare, cu derivatele acesteia, cîteva exemplificări sînt edificatoare în ceea ce priveşte rezultatele obţinute.

În figura 11 se arată valorile de randament ale vechii serii de motoare asincrone de macara, în comparaţie cu valorile de randament ale noii serii.

În figura 12 se pot vedea valorile factorului de putere cos φ ale vechii şi noii serii a acestor motoare.

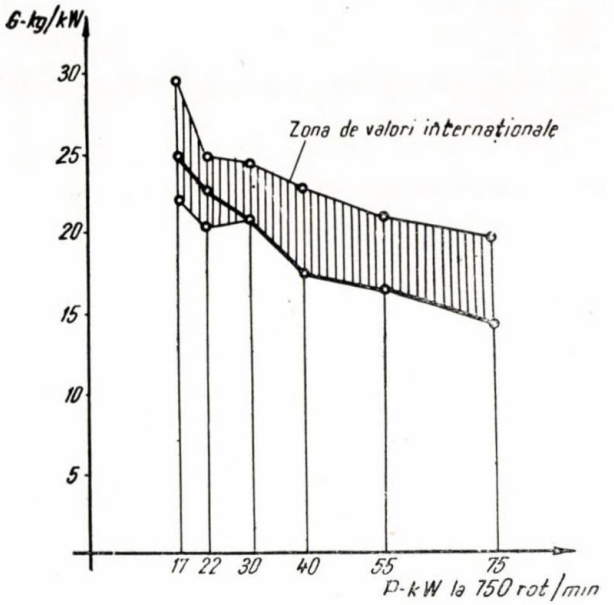


Fig. 10. Greutăţile specifice ale seriei P33 cu inele colectoare.

Pe lîngă rezultatele superioare ale caracteristicilor obţinute la noua serie de motoare de macara, arătate în figurile 11 şi 12, s-au obţinut şi alte avantaje de natură economică şi tehnică. Gabaritul motoarelor de macara s-a micşorat simţitor, iar greutatea specifică în kg/kW s-a redus în mod corespunzător (fig. 13).

Trebuie arătat că şi motoarele de macara în scurtcircuit reprezintă un succes pe linia lărgirii sortimentelor de macarale fabricate în ţară. S-a procedat la o unificare a caracteristicilor rotoarelor, reuşindu-se prin aceasta să se reducă sortimentul de rezistenţe de pornire de la 14 ti-

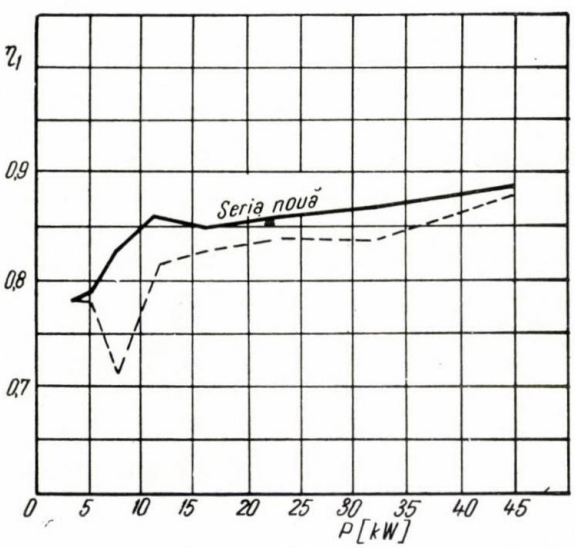


Fig. 11. Comparaţie între vechea şi noua serie de motoare de macara:
– – – randamentul vechii serii; ——— randamentul seriei noi.

puri, care s-au folosit înainte la 14 categorii de motoare, la 9 tipuri de rezistențe care pot fi folosite acum la 20 de categorii de motoare.
S-a îmbunătățit, de asemenea, și protecția motoarelor, în special în ce privește protecția ine-

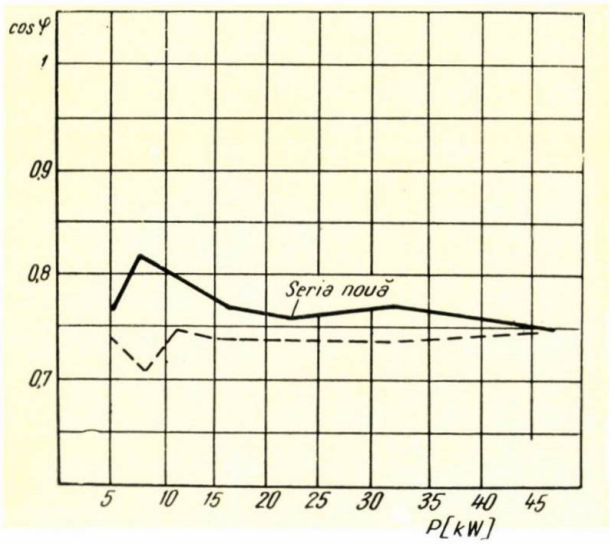


Fig. 12. Comparație între vechea și noua serie de motoare de macara :
– – – factorul de putere la vechea serie ;
——— factorul de putere la noua serie.

lelor colectoare. Totodată s-au mărit tensiunile rotorice astfel încît s-au putut obține curenți mai mici, inele colectoare mai mici, cu pierderi mai mici la inele. Bineînțeles, obținerea de curenți mai mici la rotoare s-a realizat pe seama unor tensiuni rotorice mai mari, posibile de obținut datorită unei îmbunătățiri a izolației rotorice.

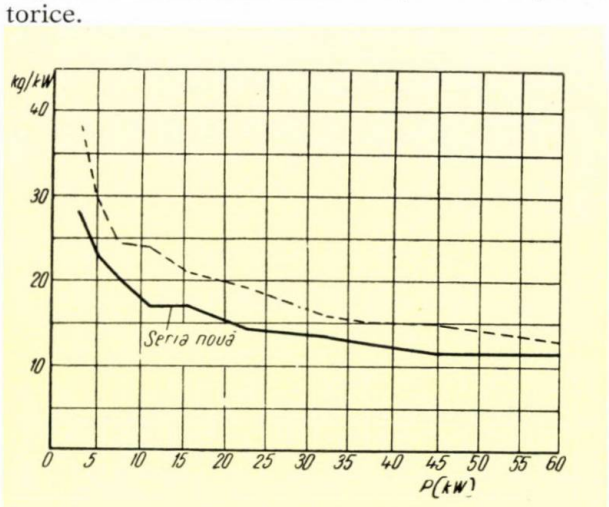


Fig. 13. Comparație între vechea și noua serie de motoare de macara :
– – – greutatea specifică la vechea serie ;
——— greutatea specifică la noua serie.

Printre produsele caracteristice ale Uzinei de mașini electrice — București sînt și convertizoarele de sudură de 350 A (GES 350). Modernizarea și îmbunătățirea acestui produs au constituit una dintre preocupările importante ale proiectanților și tehnologilor uzinei (fig. 4). Se arată în continuare unele cifre comparative dintre vechiul și noul produs, ca un exemplu tipic de ridicare a nivelului tehnic.
Noul convertizor este cu 32,2% mai ușor ca vechiul convertizor. În afară de acest aspect tehnico-economic, convertizorul nou are următoarele avantaje și perfecționări constructive, funcționale și de exploatare față de vechiul convertizor :

— un gabarit cu 54,7% mai mic ;
— realizează un consum de materiale scăzut, care în procente se cifrează la 22% tablă silicioasă și 60% laminate de cupru ;
— caracteristicile de sudură sînt mai bune, în sensul că s-a mărit domeniul de reglaj în zona curenților mici pînă la 50 A, iar caracteristicile statice și dinamice sînt mai avantajoase ;
— posibilitatea conectării aceluiași convertizor la rețele de diferite tensiuni printr-o construcție specială, adaptată la motorul de antrenare ;
— posibilitatea reglării curentului de sudură de la distanță ;
— linie constructivă modernă, tren de roți cauciucate, precum și alte îmbunătățiri.

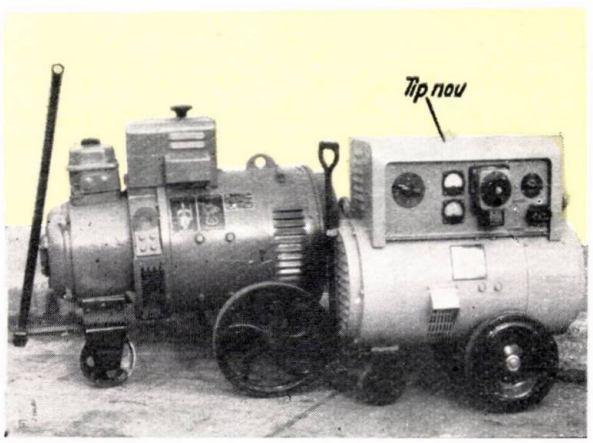


Fig. 14. Noul și vechiul tip de convertizor de sudură de 350 A.

Tot în cadrul progresului tehnic realizat la UMEB este necesar a se aminti preocuparea mereu sporită de a produce sortimente noi de mașini electrice, printre care se numără asimilarea seriilor de motoare antiexplozive în construcție pentru clasele de explozie Exd_1G3. Se menționează că, în timp de numai patru ani de cînd s-a început asimilarea acestei serii, s-a și trecut la îmbunătățirea și ameliorarea caracteristicilor ei, astfel încît uzina fabrică produse noi, îmbunătățite, la un nivel tehnic corespunzător.
În enumerarea produselor noi realizate în ultimii ani la U.M.E.B. se reamintește :

— seria de motoare de curent continuu pentru nave, care cuprinde motoare de la 0,95 kW pînă la 30 kW, în execuție fluvială și maritimă, în protecție P22 și P54 și care corespund registrului naval ; fiecare dintre aceste mașini navale este prevăzută cu aparatajul de comandă, pornire și reglaj ;
— introducerea stabilizării automate a tensiunii la toate generatoarele de curent alternativ produse de UMEB ;
— asimilarea grupului electrogen pentru alimentarea caravanelor cinematografice ;

— asimilarea grupurilor convertizoare pentru obținerea de frecvențe ridicate pentru diferite scopuri; s-au asimilat și s-au produs astfel de grupuri convertizoare de 200, 400 și 8000 Hz; acesta din urmă a început să capete o largă răspîndire.

Progresul tehnic din uzină s-a caracterizat nu numai prin proiectarea și reproiectarea la un

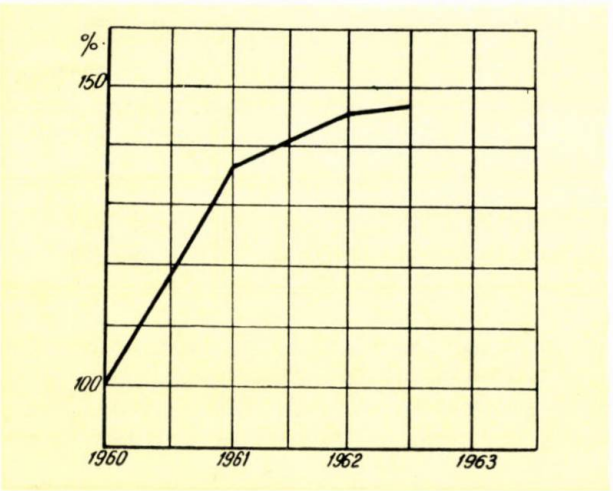


Fig. 15. Creșterea investițiilor de utilaje între anii 1960 și 1963.

înalt nivel constructiv, ci și prin preocuparea pentru mecanizarea și modernizarea tehnologiei și a procesului de producție. Așa, de exemplu, amenajarea liniei de prelucrare a axelor pe principiul tehnologiei de grup, extinderea folosirii vopselelor cu uscare la cuptor, însușirea tehnologiei bobinajelor în clase superioare de izolație B, F și H, utilajele moderne de bobinat rotoare pentru demaroare și multe altele sînt realizări de seamă ale uzinei. Producția de SDV-uri a crescut an de an. Creșterea relativă a numărului de SDV-uri este de la 3 298 SDV-uri în anul 1959, la 4 292 în 1962, și la 2 467 în primul semestru al anului 1963. Dacă se are în vedere și complexitatea mereu crescîndă a SDV-urilor de la an la an, aceste realizări cifrice sînt și mai edificatoare.

Pentru obținerea unor produse superioare la un preț cît mai scăzut nu este însă suficient numai reproiectarea, folosirea de materiale superioare sau înzestrarea cu SDV-uri. Mai sînt necesare mașini-unelte moderne, linii moderne de fabricație etc.

Printre utilajele mai importante cu care a fost dotată uzina în ultimul timp sau instalațiile care s-au amenajat se amintește: mașini de canelat colectoare, mașini de bandajat rotoare, presă de micanizat bobine, strunguri automate și semiautomate, mașini de rectificat interior, mașini de frezat frontal și de amborat bilateral, strung de copiat cu comandă-program, prese hidraulice, strunguri carusel de diferite dimensiuni cu 1 sau 2 coloane, mașină de turnat sub presiune și altele, care au dus la creșterea productivității muncii și la ridicarea calității și cantității produselor fabricate.

În figura 15 se poate urmări modul cum au crescut valorile relative ale investițiilor de utilaje în uzină, iar în figura 16 se poate vedea cum a crescut productivitatea muncii în anii 1959—1963.

Progresul tehnic a cunoscut și alte laturi în uzină. O serie de spații de producție au fost reamenajate, făcîndu-se reamplasări de utilaje pe flux tehnologic, mutînd unele ateliere sau amenajînd altele în spațiile disponibile. Se menționează cele mai deosebite:

— linia de prelucrat axe în flux, care a permis amplasarea mașinilor-unelte în succesiunea operațiilor, soluționarea problemei transportului interoperații și a deservirii mașinilor cu mijloace tehnice adecvate; ca rezultat al acestor măsuri a crescut productivitatea cu 15% la operațiile de prelucrare a arborilor;

— s-a mărit și completat atelierul de scule și utilaje, înființîndu-se și serviciul de sculer șef; datorită acestor amenajări a crescut nivelul tehnic al SDV-urilor și s-a obținut un spor de capacitate de peste 30%;

— amenajarea pe flux tehnologic integrat a atelierelor de demaroare, aparataj, echipamente auxiliare pentru locomotiva Diesel electrică, montaj II și altele.

Se poate spune că la Uzina de mașini electrice-București nici un atelier productiv nu mai seamănă azi cu cele din anul 1958, multe dintre acestea schimbîndu-și complet nu numai înfățișarea, dar și poziția lor în fluxul tehnologic. Acestea au permis să crească producția pe metrul pătrat de suprafață în ultimii patru ani de

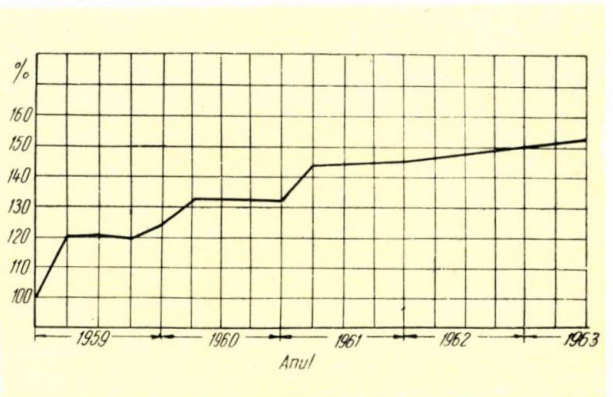


Fig. 16. Creșterea productivității muncii la UMEB între anii 1959 și 1963 (trimestrul I).

2,3 ori. Sînt în curs și alte amenajări pentru a face față sarcinilor de plan sporite ale anului 1964.

Prin aceste măsuri, prin realizarea unui important progres tehnic, UMEB a obținut rezultate importante în toate domeniile de activitate.

Noi materiale electroizolante produse în R.P.R.

Maria Nicolae şi **Alexandru Nedescu*** — Bucureşti

CZ 621.315.6.001.6

Una dintre sarcinile importante prevăzute în planul de dezvoltare a economiei ţării noastre în perioada 1960—1965 este creşterea bazei energetice, ca tare, şi a producţiei de energie electrică.

Pentru a face faţă acestei sarcini, industria constructoare de maşini şi aparate electrice cunoaşte o puternică dezvoltare, obţinînd succese importante.

La obţinerea acestor realizări, la ridicarea nivelului tehnic al producţiei, o contribuţie de seamă a adus-o utilizarea materialelor electroizolante noi la construcţia utilajelor electrotehnice.

Dezvoltarea tehnică pe care a cunoscut-o industria constructoare de maşini şi aparate electrice, în ultimii ani, a fost influenţată, în mare măsură, de progresul tehnic obţinut în domeniul materialelor electroizolante.

Acest progres face posibilă, astăzi, construirea de utilaje electrotehnice în diverse clase de izolaţie (Y, A, E, B, F, H şi C) corespunzătoare unor temperaturi maxime de exploatare de 90, 105, 120, 130, 155 şi peste 180°C.

Spre deosebire de materialele electroizolante clasice, materialele electroizolante moderne sînt destinate unor clase superioare de izolaţie, utilizarea lor avînd avantaje economice însemnate. Deşi din punctul de vedere al preţului, materialele electroizolante moderne pentru clase de izolaţie superioare sînt mai scumpe decît cele clasice, efectele lor economice sînt atît de mari încît compensează şi depăşesc cu mult aceste diferenţe în sfera economiei naţionale.

Pentru ilustrarea acestui fapt se dau cîteva exemple concludente :

1. În cazul unui motor electric de 30 kW, 1 500 rot/min şi 380 V, prin înlocuirea izolaţiei de clasă A cu izolaţie de clasă H, puterea motorului creşte cu circa 40%, ceea ce face ca greutatea sa raportată la putere să scadă de la 11,7 la 8,3 kg/kW, concomitent cu o reducere a preţului de cost de 6,87%.

2. În tabela 1 a se prezintă reducerile de greutate şi volum ce se realizează la cîteva categorii de maşini electrice izolate cu izolaţie de clasă H,

Tabela 1 a

	Reduceri	
	greutate, %	volum, %
Motoare de la 1 pînă la 100 CP	20—25	30—35
Generatoare pînă la 1 000 kW	35	40
Transformatoare pînă la 5 000 kVA	22	50

faţă de aceleaşi maşini izolate cu izolaţie de clasă A (la tensiuni şi puteri egale) ; în tabela 1 b se prezintă creşterea de putere la greutăţi şi volume egale pentru o serie de motoare electrice.

Dintr-o altă analiză făcută asupra costului de fabricaţie al unui motor de 10 kW, în cele două variante de izolaţie (clasa A şi clasa H), rezultă, la varianta H, reducerea preţului de cost pe ansamblu de circa 20%, cu toate că costul izolaţiei a crescut cu circa 80%, şi al manoperei de izolare şi bobinare, cu circa 40%.

Trebuie menţionat că reducerea gabaritului şi a greutăţii maşinii duce la ieftinirea transportului, a montajului, a fundaţiilor, a aparaturii de ridicat şi manipulat şi la micşorarea suprafeţei de montaj.

Tabela 1 b

	Creşterea de puteri, %
Motoare pînă la 100 CP	40—50
Motoare de la 100 pînă la 500 CP	22—34

De asemenea, pierderile în maşinile cu izolaţie de clasă superioară, la încărcare nominală, ajung să fie cu pînă la 14% mai mici, ceea ce ridică efectul economic al acestora în comparaţie cu maşinile de clasă A.

Într-o serie de cazuri, folosirea noilor materiale moderne se dovedeşte necesară pentru fabricarea de noi tipuri de maşini electrice, destinate unor anumite condiţii de exploatare specifice, de exemplu : temperaturi înalte sau joase, funcţionarea direct în apă, în diferiţi agenţi chimici etc. Aceste construcţii nu ar fi putut fi executate fără noile materiale electroizolante moderne.

Adăugînd la acestea mărirea considerabilă a duratei de viaţă şi reducerea cheltuielilor de exploatare, rezultă în mod evident avantajul economic al utilizării materialelor electroizolante moderne de clase superioare de izolaţie, în construcţia maşinilor şi a aparatelor electrice.

O problemă care devine din ce în ce mai actuală, datorită creşterii parcului de electromotoare şi creşterii puterii generatoarelor, este mărirea siguranţei izolaţiei în exploatare.

Astfel, unele uzine ca „Uzina de maşini electrice" — Bucureşti, „Electroputere" — Craiova şi altele au trecut în unele construcţii la utilizarea izolaţiilor moderne de clasă superioară, fără o ridicare mare a încălzirii nominale.

Prin aceasta se obţine o durată mai mare de exploatare a maşinii, se reduc costurile de reparaţii, se micşorează numărul maşinilor de rezervă, normativul de materiale de rezervă etc.

Trebuie amintit că în acelaşi timp au existat serioase preocupări şi pentru modernizarea materialelor electroizolante clasice din producţia curentă, modernizare cerută foarte serios de experienţa acumulată în ce priveşte confecţionarea şi încercarea materialelor electroizolante.

Pentru exemplificare se va considera micabanda neagră executată cu lac oleobituminos.

Din experienţa acumulată în practică se poate trage concluzia că această izolaţie are, în afară de însuşiri pozitive, şi caracteristici negative, care îi scad calitatea, şi anume :

— marea variaţie a caracteristicilor cu temperatura (care se datoreşte termoplasticităţii liantu-

* Ing. *M. Nicolae* este şef de secţie la ICPE, iar *Al. Nedescu* este ing. şef adj. la FCME.

lui). Prin încălzirea de la 20—25°C pînă la 100—105°C rezistența electrică a izolației scade cu 15—25% ; limita rezistenței la rupere scade de 7—9 ori, iar rigiditatea barelor izolate scade și ea de 3—5 ori ;
— rezistența mecanică atît de mică încît izolația se distruge relativ repede și ușor, chiar la beneficiar, în timpul transportului și la așezarea barelor în stator. Ca urmare a rezistenței mecanice slabe a izolației apar un număr mărit de rebuturi de bare, în timpul confecționării lor, și o siguranță redusă în exploatare, fapt care impune o serie de operații de încercare suplimentare ;
— rezistența insuficientă la încălzire a liantului și a hîrtiei de suport, precum și stabilitate slabă la uleiuri ;
— fenomenul de migrație a izolației.
Toate aceste inconveniente ale izolației de micabandă neagră sînt legate, în primul rînd, de caracterul termoplastic al liantului, bitumul.
Ridicarea siguranței izolației acestui produs se poate asigura prin trecerea la lianți termoreactivi și, în primul rînd, la acei ale căror proprietăți variază foarte puțin în raport cu creșterea temperaturii.
Rezultate bune s-au obținut prin folosirea sticlomicabenzilor, dintre care se pot cita cele care conțin ca liant rășini siliconice, alchidice sau epoxidice.
În comparație cu izolația electrică obișnuită, rezistența electrică a acesteia la 120°C este cu 20—30% mai mare. Rezistența la rupere la 120°C este de 14—17 ori mai mare decît la izolația normală.
O altă variantă, în studiu, folosește ca liant o compoziție de epoxi-poliester-stiren. Rășinile epoxi au o contracție mică, la întărire nu produc substanțe volatile, ceea ce este un mare avantaj față de celelalte rășini utilizate pînă în prezent.
În lumina celor prezentate, în ultimii ani, industria noastră electrotehnică a obținut succese importante în construcția mașinilor și aparatajului electrotehnic prin folosirea materialelor electroizolante moderne, produse în țară, în proporție de circa 90%.
Din sortimentul de materiale electroizolante moderne, asimilate în ultimii ani, fac parte următoarele.

Produse stratificate presate

Pentru clasa de izolație E. Sortimentul acestei clase a fost îmbogățit în ultimul timp prin asimilarea în producția curentă a următoarele tipuri noi de pertinax : pertinax pentru înaltă tensiune ; pertinax pentru mediu umed ; pertinax special LDE ; pertinax pentru înaltă frecvență.
Pentru clasa de izolație B. Pentru scopuri generale se fabrică în mod curent sticlotextolit cu rășini fenol-formaldehidice.
Se livrează sub formă de plăci în dimensiuni de minimum 800×1 000 mm și cu grosimea de la 0,5 pînă la 40 mm.
El se pretează la prelucrări mecanice. Se utilizează ca înlocuitor al pertinaxului la aparatele și mașinile destinate a funcționa în regim tropical, pentru prepararea detaliilor aparaturii în care se cere o ridicată rezistență la despicare și, în special, atunci cînd este nevoie ca materialul să fie supus prelucrării mecanice. Este necesar ca el să fie depozitat în încăperi curate, uscate, cu o temperatură de la 10 pînă la 35°C și cu o umiditate relativă a aerului de maximum 80%. Pentru scopurile în care se solicită în mod expres o rezistență mărită la arc electric s-a asimilat sticlotextolitul cu rășini melaminice.
Pentru clasa de izolație F. Pentru această clasă a fost asimilat sticlotextolitul cu rășini epoxi. Acest sticlotextolit are proprietăți mecanice ridicate, în special rezistența la tracțiune și rezistența la încovoiere. De asemenea, are o stabilitate ridicată la umiditate, la încălzire și proprietăți dielectrice stabile în condițiile unei mențineri prelungite în apă.
Acest sticlotextolit se utilizează, în calitate de izolant electric, în construcția mașinilor și a aparatelor electrice care necesită materiale cu condiții de stabilitate la apă și cu ridicate proprietăți mecanice și dielectrice. Temperatura de lucru este de 155°C.
Pentru clasa de izolație H. Pentru această clasă a fost realizat sticlotextolitul cu rășini siliconice, care prezintă o înaltă stabilitate termică și rezistență la acțiunea ciupercilor (mucegaiurilor). Se utilizează la fabricarea mașinilor și a aparatelor de clasa H de izolație, care lucrează vreme îndelungată la temperaturi pînă la 180°C sau în condiții de climat tropical.
Întrucît are o rezistență mecanică relativ inferioară față de celelalte tipuri de sticlotextolit menționate mai sus, este necesar ca la prelucrarea mecanică să se lucreze cu avans mic și viteze mari.

Țesături de sticlă lăcuite electroizolante cu stabilitate termică mărită

Pentru clasa de izolație E, țesătură de sticlă lăcuită cu lacuri uleioase.
Pentru clasa de izolație B, țesătură de sticlă lăcuită cu lacuri alchidice.
Pentru clasele de izolație F și H. Pentru aceste două clase au fost executate următoarele tipuri de produse :
a. Țesătură de sticlă lăcuită (cauciucată), obținută prin impregnarea țesăturilor de sticlă neutră cu soluții din cauciuc siliconic. Aceasta prezintă o ridicată stabilitate termică. Se produce în grosimi de 3,12 ; 0,16 și 0,22 mm atît sub formă de benzi în role, cît și sub formă de pînză continuă în rulou. Benzile se utilizează pentru izolarea anumitor conductoare. De asemenea, cele de 0,12 mm se utilizează pentru izolarea părților frontale la mașinile de tensiune joasă cu destinație specială, împreună cu micanita flexibilă sau sticlomicanita. Țesătura de sticlă cauciucată prezintă o peliculă rezistentă mecanic, care își păstrează elasticitatea și caracteristicile electroizolante în procesul de îmbătrînire îndelungată la 200°C. Este stabilă la acțiunea mucegaiurilor.

b. Țesături de sticlă lăcuite cu rășini siliconice. Prezintă stabilitate termică ridicată, avînd temperatura de lucru admisă pînă la 180°C. Proprietățile electroizolante sînt ridicate și variază puțin prin creșterea temperaturii. Tehnologia de lăcuire este similară cu cea utilizată la lăcuirea țesăturilor cu lacuri organice. Destinația este similară ca la aceea cu țesături de sticlă cauciucată.

c. Ciorapi (tuburi) electroizolanți din țesătură de sticlă lăcuită. Se obțin din tuburi din țesătură de sticlă neutră, impregnată cu lacuri siliconice. Aceste tuburi prezintă o înaltă stabilitate termică și bune proprietăți electroizolante. Au bună stabilitate la umiditate și la mucegaiuri numai în cazul cînd tratamentul termic indicat în tehnologia lor de fabricație este respectat. Se utilizează pentru izolarea capetelor de ieșire a conductoarelor la fabricarea mașinilor și a aparatelor electrice de clasele F și H de izolație sau pentru mașinile și aparatele care lucrează în condiții de umiditate mărită. Se livrează sub formă de pachete a 100 bucăți, în lungimi de circa 1 m.

d. Tuburi din țesătură de sticlă, simplu apretate și călcate pentru a căpăta o formă rotundă, pentru aceleași clase, precum și pentru clasele E și B, în cazul în care apretarea s-a făcut cu o soluție de 8% rășină alchidică.

e. Tuburi de sticlă impregnate și lăcuite cu cauciuri siliconice. Și acestea prezintă aceleași caracteristici superioare ca și țesăturile din sticlă lăcuite cu rășini siliconice, și au aceleași utilizări.

Micanite

Izolarea barelor și a capetelor de bobină

Pentru clasa de izolație B. Micafoliu special de 0,1 mm grosime se fabrică în lățimi de 450 și 900 mm. Se utilizează, în special, la fabricarea mașinilor electrice LDE. Posedă caracteristici electroizolante superioare în comparație cu cele fabricate anterior.

Micafoliu special de 0,2 mm grosime se folosește ca suport hîrtie acetilată, iar ca liant, șelac. Se fabrică în coli cu dimensiunile de 850×550 mm. Se utilizează, în mod special, în construcția echipamentului electric LDE, ca izolație între straturi. Micafoliul de 0,2 mm poate fi folosit și la izolarea barelor mașinilor electrice.

Micabanda pe mătase naturală aceea cu grosimea de 0,07 mm este destinată izolării capetelor barelor mașinilor electrice LDE. Reducerea grosimii acestui produs are o mare importanță, deoarece permite întrebuințarea la aceeași tensiune a unor grosimi de izolație mai reduse. Orice reducere a consumului de izolant mărește spațiul disponibil pentru bobinaj și favorizează astfel creșterea puterii mașinilor la solicitări mari. Nu trebuie însă neglijată nici îmbunătățirea comportării termice a unei asemenea mașini, deoarece prin reducerea grosimii izolației, pe de o parte, și prin omogenitatea mai mare a materialului, pe de altă parte, se va realiza o mai bună evacuare a căldurii.

Se specifică, de asemenea, că la FCME se fabrică, în mod curent, și *micabandă umedă neagră* pentru mașinile de tensiune înaltă, despre care s-a vorbit în acest articol.

Pentru clasa de izolație F. Pentru acest scop a fost asimiliat steclomicafoliu cu rășini alchidice modificate și se află în studiu obținerea acestuia cu rășini epoxi de încleiere.

Sticlomicabandă încleiată cu liant alchidic

Pentru clasa de izolație H. Pentru acest scop a fost asimilat sticlomicafoliul Si, cu stabilitate termică ridicată care se prezintă ca un produs subțire, ce se formează la încălzire, constituit din cîteva rînduri de mică-moscovit-șpalt, încleiate cu lacuri siliconice pe un suport de mătase de sticlă electrotehnică. Se utilizează, de asemenea, pentru izolarea barelor și a diverselor detalii de la mașinile electrice cu izolație de clasa H sau a celor care lucrează în medii cu umiditate mărită. Se fabrică în suluri cu lățimea de 450 mm. *Sticlomicabanda Si,* se prezintă ca un produs subțire, flexibil în stare normală, cu ridicate proprietăți electroizolante și înaltă stabilitate termică. Construcția: mătase de sticlă-mica foițe, încleiate cu lac siliconic. Se execută în mai multe tipuri, cu suport pe o singură parte sau pe ambele. Este destinată a fi folosită pentru izolarea bobinelor mașinilor electrice cu izolație de clasa H. De asemenea, se utilizează și la izolarea barelor și a crestăturilor la mașinile de tensiuni înalte și gabarite îngrădite (motoare de tracțiune pînă la 3 000 V etc.), și în cazurile cînd se solicită micabanda subțire cu rigiditate dielectrică ridicată. Este utilizată, de asemenea, și în construcția echipamentului naval.

Izolații de crestătură

Pentru clasele de izolație E și B. Izolația de crestătură HMH. Construcția: hostofan-mica foiță-hostofan, încleiate cu lac special 50 R-2632. Se Fabrică în coli cu dimensiunile de 850×570 mm și cu grosimea de 0,2 și 0,25 mm. Se utilizează ca izolație în crestăturile motoarelor de clasele E și B și pentru cele destinate a funcționa în condiții de climat tropical.

Pentru clasa de izolație F. Izolație de crestătură SMS-G. Construcția: mătase de sticlă-micanită-mătase de sticlă, încleiate cu lac alchidic. Se produce în dimensiunile 700×400 mm și grosimea de 0,25 mm.

Pentru clasele de izolație H. Pentru acest scop a fost asimilată izolația de crestătură de tipul SMS-SI. Construcția: țesătură de sticlă-micanită-țesătură de sticlă, încleiate cu lac siliconic. Prezintă înaltă stabilitate termică, iar după o prelucrare termică suplimentară la 180°C prezintă și stabilitate ridicată la umiditate. Este un produs flexibil. Se utilizează ca izolație între conductoare în bobine, precum și ca izolație în crestătură. De asemenea, și ca garnituri la părțile frontale și în toate cazurile cînd se cere o izo-

lație electrică flexibilă, cu stabilitate termică și la umiditate ridicată. Se utilizează în mod special la fabricarea echipamentului naval.

Izolații la colectoarele mașinilor electrice

Pentru clasele de izolație E și B. Micanita de colector CM_4. Construcția: foiță de mică, încleiată cu rășină gliptalică. Procentul de rășină este sub 4%. Se fabrică în plăci cu dimensiunile de 850×550 mm și gama de grosimi 0,4—1,5 mm. Se utilizează ca izolație între lamelele de colector la mașinile electrice normale. Caracteristicile acestui produs sînt superioare celui vechi (CM_6).
Micanita de colector CM_3. Construcția: foiță de mică, încleiată cu șelac. Procentul de rășină este sub 3%. Produsul se fabrică în plăci cu dimensiunile de 400 × 500 mm și gama de grosimi 0,5—1,5 mm. Se utilizează la fabricarea mașinilor electrice LDE (generator și motoare de tracțiune), precum și la motoarele de puteri mari sau puternic solicitate, ca izolație între lamelele de colector. Se poate utiliza și pentru clasa F de izolație.

Rigiditatea dielectrică a acestui produs este dublă în comparație cu vechiul tip de micanită de colector, produs la FCME.
Pentru clasa de izolație H, a fost produsă, sub formă experimentală, o micanită cu rășini siliconice.

Produse fasonate pentru colectoarele mașinilor electrice

Au fost asimilate conuri (manșete) izolante, din solzi de micanită, încleiați cu soluție de șelac, cu diametrul posibil de fabricat între 80 și 500 mm. Aceste conuri prezintă o serie de avantaje calitative și economice, față de vechiul tip de segmenți, și anume:

— au structură și grosime mult mai uniforme;
— permit o siguranță mai mare la montaj, fiind mai flexibile și permițînd deplasarea solzilor, la un montaj necorespunzător, fără ca integritatea conului să sufere;
— sînt mult mai rezistente mecanic;
— prezintă o siguranță mai mare în exploatare;
— prezintă rigidități dielectrice mărite;
— se reduc substanțial rebuturile în timpul fabricației lor;
— se realizează economii de materiale la fabricație, în comparație cu cele fabricate din segmenți.

Izolații între straturi

Pentru clasa de izolație B. Micanită S, care este construită din mică foițe, încleiate cu șelac. Micapînză, care este construită din țesătură percal-micanită-hîrtie japoneză, încleiate cu lac alchidic (pentru eritrită). Se fabrică în coli cu dimensiunile de 400×700 mm și cu grosimea de 0,30 mm. Înlocuiește produsul similar din import: mica-papiertissu, nr. 409.
Micanite flexibile cu lacuri alchidice ca liant, fără suport.

Pentru clasa de izolație F. Se utilizează steclomicanita SMS-G, despre care s-a vorbit mai înainte.
Pentru clasa de izolație H. Se utilizează steclomicanita SMS-Si, tratată de asemenea în această lucrare.

Produse de înfășurare (rulare)

Pentru clasele de izolație B și F. Se produc cilindri și tuburi din țesătură de sticlă impregnată cu lac epoxidic, atît prin procedeul umed, cît și prin procedeul uscat.
Se produc, de asemenea, bare de steclotextolit cu rășini epoxi sau epoxi-bachelitice, prin procedeul uscat. Ele au foarte bune rezistențe mecanice și bune proprietăți electroizolante, care le fac foarte căutate în industria constructoare de mașini electrice.
Pentru clasa de izolație H. S-au realizat tuburi și bare din steclotextolit în care liantul îl constituie rășinile siliconice.

Conductori de bobinaj

Pentru clasa de izolație E. Pentru această clasă au fost asimilați conductori rotunzi din cupru izolați cu email poliamidic. Produsul a fost asimilat pentru seria curentă în gama de dimensiuni de 0,5—3 mm. Acești conductori se utilizează la bobinarea mașinilor electrice care lucrează în condiții normale.
Conductori rotunzi din cupru izolați cu email poliamidic, modificat cu poliuretanic, față de cei anteriori, au o stabilitate termică mai bună și o comportare, în condiții de umiditate, superioară din punct de vedere dielectric.
Conductorii rotunzi din cupru izolați cu email poliuretanic au fost asimilați pentru gama de 0,2—0,8 mm. Acești conductori sînt destinați, în special, pentru telecomunicații și pentru construcții de aparataj de radio și electronică. Acești conductori au proprietăți foarte bune în ceea ce privește rezistența ohmică și tg δ.
Pentru clasa de izolație B. În acest scop au fost asimilați conductori din cupru rotunzi, izolați cu lac tereftalic. Se fabrică, curent, în gama de 0,13—3 mm. Izolația acestor conductori prezintă o stabilitate termică ridicată și rezistențe mecanice mari. Se utilizează în fabricarea mașinilor electrice care lucrează timp îndelungat la temperatura de 130°C, precum și a acelora care sînt destinate să lucreze în condiții de climat tropical.
Conductori de secțiune dreptunghiulară din cupru, izolați cu lac tereftalic, în prezent se produc pînă la secțiunea de 10 mm².
Pentru clasa de izolație F. Pentru acest scop au fost asimilați conductori de bobinaj emailați, acoperiți cu două înfășurări din fire de sticlă și lăcuiți, tip PE2S și tip E2S.
Conductorul din cupru este emailat cu lac tereftalic, apoi primește un strat de lac tereftalic pentru încleiere, o înfășurare cu fire de sticlă, o nouă înfășurare cu fire de sticlă în sens invers, urmînd patru lăcuiri și uscări succesive.

Secţiunea maximă a acestei construcţii este de 10 mm². Întreaga cantitate necesară pentru fabricaţia LDE la noi în ţară este asigurată la ora actuală de către FCME. Se fabrică atît conductori rotunzi, cît şi profile.

Pentru clasa de izolaţie H. Conductorul blanc din cupru de secţiune rotundă sau dreptunghiulară se izolează cu două straturi din fire de sticlă electrotehnică, utilizînd pentru încleiere şi impregnare lac siliconic. Aceşti conductori prezintă o înaltă stabilitate termică şi la umiditate. Se utilizează împreună cu alte materiale în construcţia maşinilor de clasă H, precum şi la fabricarea motoarelor navale.

Produse electroceramice

Dezvoltarea liniilor de energie şi a echipamentelor electrotehnic şi radioelectronic a impus şi dezvoltarea ceramicii electrotehnice.

În prezent se produc izolatoare din porţelan pentru înaltă şi joasă tensiune, piese de joasă tensiune din steatit, piese din ceramică rezistentă termic şi la arc electric, piese pentru condensatoare şi rezistenţa radio, piese pentru montaje de înaltă frecvenţă ; calitatea materialelor ceramice şi a produselor izolante este la nivelul produselor din alte ţări.

Fabricaţia izolatoarelor de înaltă şi joasă tensiune se bazează pe porţelanul realizat numai cu materii prime din ţară. Compoziţia porţelanului : porţelan feldspatic cu caracteristici la nivelul produselor din alte ţări.

Este de remarcat rezistenţa mecanică ridicată (rezistenţa la încovoiere statică ~ 1 000 kgf/cm² faţă de maximum 600—700, prescris de norme, şi rezilienţa peste 2 cmkgf/cm²).

Fabricaţia izolatoarelor de înaltă tensiune cuprinde tipuri foarte variate pentru linii, aparataj şi staţii. Se produc în serii mari izolatoare de suspensie cu capă, pentru linii aeriene (tipurile de 4 şi 6 N F), izolatoare-suport tip delta, pentru linii aeriene de 6 — 10 — 15 — 20 — 35 kV, izolatoare-suport, pentru aparataj de interior şi exterior, pentru 6 — 35 kV, izolatoare de trecere, pentru transformatoare, cutii terminale şi întreruptoare pînă la 110 kV.

Probleme deosebite, în ce priveşte asimilarea producţiei, au ridicat izolatoarele de trecere, tip cuvă, de dimensiuni mari, pentru 35 — 60 — 100 kV, la care asimilarea fabricaţiei a impus organizarea unei linii speciale.

Pe linia modernizării aparatajului, realizarea seriei de izolatoare-suport, cu armare interioară de 6 — 35 kV, a reprezentat un progres important. O mare dezvoltare a luat producţia de piese pentru joasă tensiune, unde s-au asimilat piese de forme complicate, în producţie de serie mare. În acest domeniu, introducerea de metode tehnologice moderne, ca : presarea automată şi semiautomată, turnarea la cald sub presiune, a permis realizarea unei producţii economice şi de calitate superioară.

Fabricaţia de piese ceramice de tip steatit are perspective de dezvoltare. Materialul tip steatit, de foarte bună calitate, elaborat în ţară pe bază de talc, este aplicat la fabricaţia unor piese solicitate mecanic mai intens. Rezistenţa mecanică a acestui material este superioară porţelanului, şi este la nivelul produselor din alte ţări, şi anume :

— rezistenţa mecanică la încovoiere statică ~ 2 000 kgf/cm² ;

— rezilienţa ~ 2,45 cmkgf/cm².

În fabricaţia curentă se produc materiale ceramice cu conţinut mare de oxid de aluminiu, folosite pentru izolatoarele de bujii, piese pentru termoelemente, suporţi pentru rezistenţe etc.

Recent, a fost asimilată fabricaţia pieselor din ceramică rezistentă la arc, tip cordierit, care va trebui să ia o mare dezvoltare. Din acest material se produc, curent, camere de stingere pentru contactoare de joasă tensiune. Materialul ceramic, tehnologia şi caracteristicile pieselor sînt la nivelul celor mai bune producţii din alte ţări, şi anume :

— rezilienţa ~ 4,5 cmkgf/cm² ;

— coeficientul de dilatare liniară 1—2/°C 10^{-6}.

Un important progres a însemnat începerea fabricaţiei de piese radio. În prezent, se produc, la nivelul tehnic modern, ceramică şi piese pentru condensatoare (cu constantă dielectrică mare) de cîteva tipuri, ceramică şi piese pentru rezistenţe fixe nebobinate (cu pierderi dielectrice mici).

În producţia experimentală se realizează piese pentru montaj din ceramică tip steatit, pentru frecvenţe înalte, ceramică realizată cu materii prime din ţară.

Mergînd pe linia introducerii progresului tehnic în acest domeniu, în scurt timp se vor înregistra noi realizări ca :

— fabricarea izolatoarelor de înaltă tensiune din sticlă călită (în prezent există în producţie experimentală izolatorul de suspensie cu capă, pentru linii aeriene, cu care se echipează o linie experimentală).

Datorită existenţei cantităţilor de mică, de calitate corespunzătoare, în compoziţia lor, se poate prevedea o dezvoltare importantă a aplicaţiilor acestor tipuri de materiale.

Sarcinile planului de şase ani şi ale planului de perspectivă pentru industria constructoare de maşini electrice impun o activitate permanentă de cercetare şi fabricaţie în scopul realizării de materiale electroizolante de calitate superioară.

Seria nouă unitară de motoare asincrone de 0,8—100 kW

Virgil Lefter şi **Valer Liuba*** — Bucureşti

CZ 621.313.333.002.2:621.312(498)

Răspunzînd sarcinilor trasate de conducerea de partid şi de stat prin planul de electrificare a ţării, colectivele de muncitori, tehnicieni şi ingineri din industria electrotehnică au desfăşurat, cu mult elan, activitatea lor creatoare pe linia dezvoltării continue a producţiei de maşini electrice. Prin creşterea continuă a producţiei de motoare electrice, întreprinderile electrotehnice au contribuit la dezvoltarea multilaterală şi a celorlalte sectoare ale economiei naţionale. În plin progres, economia noastră naţională asimilează din ce în ce mai multe şi mai complicate procese tehnologice în cele mai diferite ramuri industriale. Dezvoltarea continuă ca şi nivelul tehnic ridicat la care trebuie să se desfăşoare activitatea acestor sectoare economice au dus la creşterea necesarului de motoare asincrone, au impus dezvoltarea continuă din punct de vedere cantitativ şi calitativ a acestei producţii. Prin dezvoltarea întreprinderilor producătoare de maşini electrice „Uzina de maşini electrice" (fost „Dinamo") din Bucureşti, „Electromotorul" — Timişoara şi „Electroprecizia" — Săcele (Braşov), precum şi a Institutului de cercetări şi proiectări electrotehnice (ICPE), a fost posibilă realizarea asimilării fabricaţiei noii serii unitare de motoare asincrone cu puteri cuprinse între 0,8 şi 100 kW.

Sarcinile care rezultă din Hotărîrile Congresului al III-lea al Partidului Muncitoresc Romîn se referă şi la dezvoltarea producţiei de motoare la un nivel tehnic cît mai ridicat [1].

Traducerea în fapte a acestor obiective deschide perspective deosebite constructorilor de maşini electrice din ţara noastră, pe calea asimilării de noi tipuri şi a dezvoltării tehnicii noi în industria noastră electrotehnică şi, prin aceasta, în întreaga economie naţională.

1. Evoluţia fabricaţiei de motoare asincrone cu puteri pînă la 100 kW în ţara noastră

Fabricaţia de motoare electrice asincrone cu puteri pînă la 100 kW destinate utilizărilor cu caracter general a format unul dintre primele obiective ale producţiei electrotehnice din ţara noastră. Prin înfiinţarea primelor întreprinderi electrotehnice producătoare de maşini electrice: „Dinamo" — Bucureşti, „Electromotorul" — Timişoara şi „Electroprecizia" — Săcele (Braşov), a fost creată baza tehnico-materială a acestei producţii.

Începută modest în primii ani de existenţă a întreprinderilor noastre electrotehnice, fabricaţia motoarelor asincrone pînă la 100 kW a înregistrat un prim impuls între anii 1950 şi 1953, cînd, ca urmare a ajutorului primit din partea Uniunii Sovietice, a fost asimilată prima serie avînd la bază seriile de motoare sovietice A şi AO. În ţara noastră, asimilarea acestor motoare s-a făcut în condiţii mai grele şi cu unii indici tehnico-economici sub nivelul aceloraşi parametri ai seriilor sovietice menţionate.

Concomitent cu creşterea volumului de producţie la motoarele asincrone s-a desfăşurat o activitate continuă de modernizare a tipurilor de motoare asimilate, atît prin îmbunătăţiri constructive, cît şi prin aplicarea de procedee tehnologice corespunzătoare nivelului de dezvoltare a producţiei. În tabela 1 este ilustrat rezultatul acestor lucrări desfăşurate între anii 1953 şi 1957 la întreprinderea „Electroprecizia"-Săcele, la motoarele asincrone cu puteri cuprinse între 0,6 kW şi 7 kW, efect tradus prin reducerea consumului specific de materiale active (tablă silicioasă şi cupru) şi mai ales prin reducerea greutăţii totale specifice (kg/kW).

Tabela 1

Reducerea greutăţii totale şi a consumului la materialele active (tablă silicioasă şi cupru) la motoarele de 0,6—7 kW, între anii 1953 şi 1957

P, kW la n = 1 500 rot/min	Reducerea greutăţii totale, %	Reducerea consumului de materiale active, %	
		tablă silicioasă	cupru
0,6	26	4,5	3,3
1,0	12,2	—	2
1,7	26	—	2,2
2,8	17	—	1,8
4,5	8	12,2	1,8
7,0	10	4,5	2,1

Cu toate aceste lucrări desfăşurate, seria de motoare asincrone aflate în fabricaţie se menţinea totuşi sub nivelul unor serii similare de motoare asincrone aflate în fabricaţie în alte ţări, aşa cum rezultă şi din diagrama din figura 1, unde se compară indicele de greutate specifică (kg/kW) al motoarelor noastre (1) cu cel al unor serii străine din aceeaşi perioadă (2), (3). Perioada 1958—1961 formează o nouă etapă importantă pentru fabricaţia de motoare asincrone, ca urmare a noilor condiţii create de evoluţia înregistrată în fabricaţia conductoarelor de bobinaj, a materialelor electroizolante şi a materialelor magnetice. Îndeosebi, apariţia noilor sortimente de materiale electroizolante, cu caracteristici mecanice, electrice şi termice superioare, a permis trecerea la utilizarea mai intensă a materialelor active şi, respectiv, obţinerea la motoarele asincrone de indici tehnico-economici mai ridicaţi, ceea ce s-a realizat la seria nouă de motoare asincrone cu puteri sub 100 kW.

Este de observat că munca de îmbunătăţire a performanţelor funcţionale şi constructive ale seriei unitare de motoare asincrone pînă la 100 kW s-a desfăşurat la noi în ţară paralel cu lucrările din majoritatea ţărilor străine, ţinînd seamă că această serie de motoare reprezintă ponderea cea mai mare în fabricaţia de maşini electrice.

În acest sens, Comisia Electrotehnică Internaţională (CEI) a elaborat recomandări privind unificarea scărilor de puteri şi a dimensiunilor de montaj (publicaţia 72 — 1959 a CEI) [3]. Prin

* *V. Lefter* este inginer în Ministerul Industriei Construcţiilor de Maşini şi ing. *V. Liuba*, Laureat al Premiului de Stat, este şef de laborator la Institutul de cercetări şi proiectări electrotehnice (ICPE).

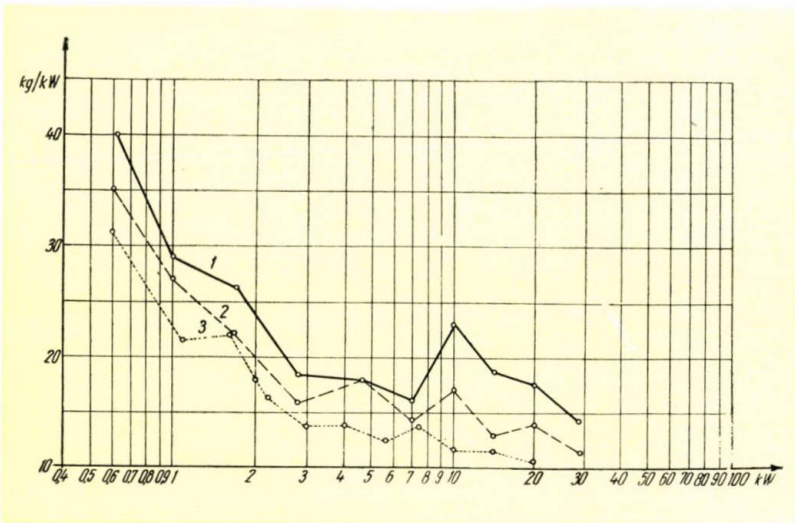


Fig. 1. Indicele greutății totale la motoarele închise (P33) cu 4 poli, ale seriei vechi R.P.R. (1) în comparație cu al unor serii străine (2, 3) din aceeași perioadă (1951).

această lucrare, deși nu se stabilesc legături între dimensiunile de montaj și puterea motoarelor, aceasta fiind lăsată pe seama standardelor naționale, totuși se caută să se realizeze un prim pas către unificarea pe scară mondială a seriilor de motoare.

În cadrul Comisiei de Ajutor Economic Reciproc (C.A.E.R.), problema schimbării seriilor vechi de motoare asincrone a fost analizată în comun de toate țările lagărului socialist participante la această comisie, stabilindu-se, față de recomandările de unificare ale CEI, liniile concrete de modernizare a acestor motoare (scara de puteri, dimensiunile de montaj corelate cu scara de puteri, nivelul parametrilor energetici ai motoarelor seriilor).

2. Scara de puteri și dimensiunile de montaj

2.1. Scara de puteri

Stabilirea scării de puteri a motoarelor asincrone din seria nouă unitară este rezultatul activității desfășurate de țara noastră în comun cu celelalte țări participante la C.A.E.R.

Avînd în vedere necesitatea creșterii numărului de trepte de puteri în domeniul puterilor mici (sub 10 kW), unde volumul producției are ponderea cea mai mare, scara de puteri adoptată pentru noua serie unitară cuprinde următoarele valori: 0,8; 1,1; 1,5; 2,2; 3; 4; 5,5; 7,5; 10; 13; 17; 22; 30; 40; 55; 75 și 100 kW.

Față de seria veche (STAS 881—49), ca și față de scările de puteri recomandate de CEI [3], scara de puteri adoptată pentru noua serie prezintă un număr de trepte în plus, așa cum se arată în tabela 2, prin aceasta realizîndu-se o mai bună adaptare a motoarelor la puterea necesară diferitelor utilizări.

La alegerea treptelor de puteri s-a urmărit obținerea unei valori cît mai constante a coeficientului de creștere a puterii k_p, definit prin relația:

$$k_p = \frac{P_{k+1}}{P_k}, \qquad (1)$$

unde P_k și P_{k+1} sînt valorile a două trepte de puteri consecutive.

Din cele arătate se vede că noua scară de puteri a seriei noi unitare are o mai uniformă repartizare a treptelor față de scările preferențiale recomandate de CEI [3], așa cum rezultă, de altfel, și din diagrama din figura 2.

2.2. Dimensiunile de montaj

Comisia Electrotehnică Internațională (CEI), în recomandările de unificare a motoarelor asincrone [3, 4], a stabilit, între altele, valorile normale pentru dimensiunile de montaj *H*, *A*, *B*, *C*, *K*, reprezentate în figura 3, valori care, așa cum s-a arătat, sînt corelate cu scările de puteri. Recomandările CEI privind dimensiunile de montaj cuprind înălțimi de ax (*H*) între 56 și 315 mm și valori corespunzătoare ale celorlalte cote. Fiecărei înălțimi de ax îi corespunde un număr de două sau trei lungimi ale carcasei, simbolizate prin literele S (scurt), M (mediu) și L (lung).

Pentru seria nouă unitară a R.P.R., au fost alese dimensiunile de montaj indicate în tabela 3,

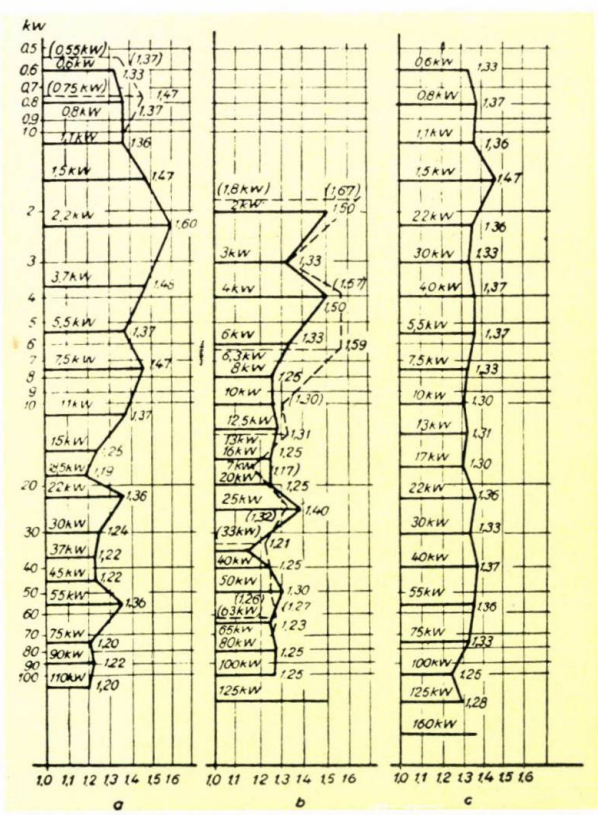


Fig. 2. Coeficientul de creștere a puterii k_p pentru seriile de putere CEI (*a* și *b*) și C.A.E.R. — R.P.R. (*c*).

dimensiuni care au fost adoptate şi de celelalte ţări din cadrul C.A.E.R. Corelarea puterilor cu aceste dimensiuni s-a făcut ca urmare a rezultatelor obţinute la încercările prototipurilor experimentale ale seriei. Motoarele seriei unitare au fost încadrate în nouă gabarite cu H între 90 şi 280 mm, înălţimea de 225 mm fiind omisă. Fiecărei înălţimi de ax i s-au repartizat două lungimi de carcasă, corespunzătoare sistemului de două lungimi de pachet pentru fiecare gabarit şi turaţie.

Tabela 2

Numărul de trepte ale seărilor de puteri la seria nouă unitară în comparaţie cu seria veche (STAS 881—49) şi seările de puteri preferenţiale ale CEI (publicaţia 72—1, 1959)

Scara de puteri	Numărul de trepte în scara de puteri pentru motoarele avînd puterea	
	sub 10 kW	10—100 kW
Seria nouă unitară	10	9
Seria veche (STAS 881—49)	7	7
Seria preferenţială primară CEI (publicaţia 72—1, 1959)	7	11
Seria preferenţială secundară CEI (publicaţia 72—1, 1959)	6	11

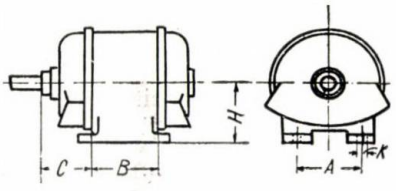


Fig. 3. Notarea dimensiunilor de montaj ale motoarelor asincrone, conform recomandărilor CEI [3].

Tabela 3

Dimensiunile de montaj ale seriei noi unitare de motoare

Gabarit	Simbolizare carcasă conform CEI	Puterea motorului, kW				Dimensiuni de montaj, mm				
		3 000 rot/min	1 500 rot/min	1 000 rot/min	750 rot/min	H	A	B	C	K
1	90 S	0,8	0,8	—	—	90	140	100	56	9
	90 L	1,1	1,1	—	—			125		
2	100 S	1,5	1,5	0,8	—	100	160	112	63	12
	100 L	2,2	2,2	1,1	—			140		
3	112 S	3	3	1,5	1,1	112	190	114	70	12
	112 M	4	4	2,2	1,5			140		
4	132 S	5,5	5,5	3	2,2	132	216	140	89	12
	132 M	7,5	7,5	4	3			178		
5	160 S	10	10	5,5	4	160	254	178	108	14
	160 M	13	13	7,5	5,5			210		
6	180 S	—	—	10	7,5	180	279	203	121	14
	180 M	17	17	13	10			241		
7	200 S	22	22	17	13	200	318	228	133	18
	200 M	30	30	22	17			267		
8	250 S	40	40	30	22	250	406	311	168	22
	250 M	55	55	40	30			349		
9	280 S	75	75	55	40	280	457	368	190	22
	280 M	100	100	75	55			419		

Corelarea puterilor cu dimensiunile de montaj este strîns legată de dimensionarea părţii active a motoarelor.

Pentru aprecierea nivelului tehnic pe care îl reflectă dimensiunile de montaj corelate cu scara de puteri este potrivită utilizarea indicelui de volum [5]:

$$C_v = \frac{P}{(2H)^2 (B + 2C)}, \quad \text{kW/m}^3, \qquad (2)$$

care se obţine raportînd puterea motorului la volumul paralelipipedului în care se înscriu dimensiunile carcasei.

Comparînd corelarea din seria unitară R.P.R.—C.A.E.R. cu alte corelări din seriile normalizate prin standarde naţionale, de exemplu DIN 42673 (1960), proiectul de normă franceză, standardele din S.U.A., Anglia etc., rezultă că seria R.P.R. prezintă un indice de volum C_v foarte apropiat de cel al motoarelor după DIN 42673, puţin sub proiectul francez şi mult peste cel al altor standarde.

3. Soluţii folosite la realizarea seriei noi de motoare asincrone

3.1. Modul de elaborare a seriei

Asimilarea seriei noi unitare de motoare asincrone a ridicat o serie de probleme atît cu caracter organizatoric, cît şi metodologic. Avîndu-se în vedere faptul că fabricaţia motoarelor seriei urma să fie repartizată întreprinderilor „Electroprecizia" (gabaritul 1—5), „Electromotorul" (gabaritele 6 şi 7) şi „Uzinei de maşini electrice" — Bucureşti (gabaritele 8 şi 9), pentru a se folosi în măsură maximă experienţa acestor întreprinderi, precum şi a Institutului de cercetări şi proiectări electrotehnice (ICPE), a fost instituit un colectiv central de proiectare pe lîngă Direcţia generală a industriei electrotehnice. Prin lucrările desfăşurate de acest colectiv şi de serviciile de proiectări din întreprinderi s-a asigurat caracterul unitar al seriei, atît în ceea ce priveşte metodica de calcul, cît şi prin aplicarea soluţiilor constructive şi tehnologice.

În ceea ce priveşte calculul motoarelor seriei a fost nevoie de stabilirea unei metodici unitare de calcul, folosind relaţiile şi coeficienţii care, după experienţa fabricilor, dau rezultatele cele mai apropiate de realitate.

În baza calculelor elaborate au fost executate proiectele şi prototipurile reprezentative. Cu ajutorul rezultatelor obţinute la încercările acestor prototipuri s-a trecut la definitivarea seriei.

Schimburile de păreri între proiectanţii seriei, pe toată durata elaborării acesteia, au fost deosebit de utile.

3.2. *Materialele utilizate*

Materialele utilizate în construcţia motoarelor seriei noi unitare au constituit unul dintre factorii de bază care au determinat, pe de o parte, alegerea soluţiilor constructive, iar pe de altă parte, au permis şi realizarea caracteristicilor mult îmbunătăţite faţă de seria de produse în fabricaţie.

Progresul înregistrat de fabricaţia de materiale electroizolante în general şi realizările industriei noastre electrotehnice în domeniul producţiei de conductoare de bobinaj şi de materiale electroizolante au făcut posibile renunţarea cu desăvîrşire la vechile scheme de izolaţie de clasă A şi adaptarea clasei E pentru toate motoarele. Utilizarea clasei de izolaţie E însemnînd o rezervă de încălzire de 15°C în funcţionarea maşinilor, la proiectarea motoarelor seriei s-a putut merge pe creşterea solicitărilor în elementele active (înfăşurări şi circuitul magnetic) şi, respectiv, realizarea încadrării puterilor stabilite în noile dimensiuni de montaj adoptate.

Criteriile principale avute în vedere la alegerea materialelor în compunerea schemelor de izolaţie au fost :

— natura solicitărilor termice şi electrice la care sînt supuse, în timpul funcţionării motoarelor, diferitele elemente care compun schema de izolaţie ;

— posibilităţile de fabricare în ţară a materialelor cu pondere mare în cadrul seriei ;

— preţul de cost al materialelor, acesta influenţînd într-o mare măsură preţul de cost al motoarelor.

Schema de izolaţie a motoarelor seriei, stabilită în lumina celor arătate, cuprinde, ca izolaţie a conductoarelor de bobinaj, emailuri de clasă superioară clasei A (pe bază de superpoliamidă modificată, tereftal) sau în cazul conductoarelor de secţiune mare (dreptunghiulară), izolaţia realizată cu fire de sticlă. Emailul pe bază de superpoliamidă modificată, care se realizează integral în ţară, are o largă utilizare.

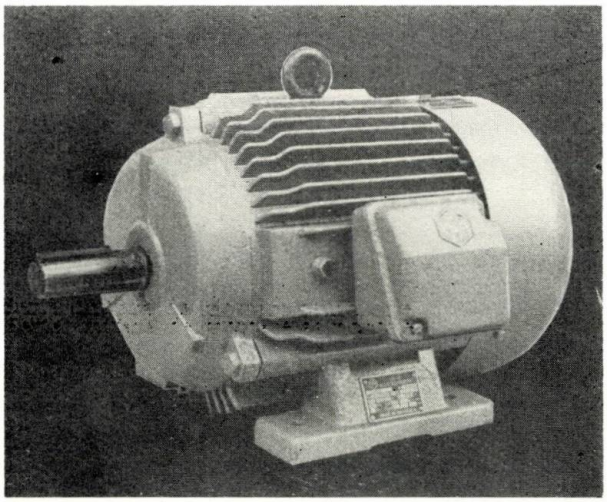


Fig. 4. Motor asincron trifazat, cu rotor în scurtcircuit P33 realizat de întreprinderea „Electroprecizia" — Săcele în cadrul seriei noi unitare.

Izolaţia crestăturii a fost realizată cu foliu de polietilenglicoltereftalat (hostaphan, mylar) într-o izolaţie combinată, realizată cu două straturi de preşpan. Acest material procurat din import (nuvolit) va putea fi înlocuit de noul tip de material electroizolant PHP cu caracteristici apropiate, care s-a asimilat în ţară. Cu acelaşi material s-au realizat izolaţia dintre straturi (la înfăşurările în două straturi), izolaţiile suplimentare în crestături (la fundul crestăturii şi sub pană) şi izolaţiile la capul de bobină.

La realizarea circuitului magnetic al motoarelor seriei se foloseşte tablă silicioasă de calitatea E II, de proveniente diferite, ceea ce duce la unele neuniformităţi în gradul de utilizare a materialului, respectiv în construcţia motoarelor.

Utilizarea în perspectivă a tablei de dinam laminată la rece şi, respectiv, cu o curbă de magnetizare mult îmbunătăţită va avea repercusiuni favorabile nu numai în ceea ce priveşte parametrii electrici ai motoarelor, ci şi asupra consumului de material şi mai ales asupra tehnologiei de fabricaţie.

3.3. *Stabilirea dimensiunilor părţii active*

În elaborarea seriei noi unitare o etapă importantă au format-o calculul şi dimensionarea părţii active a motoarelor.

În primul rînd a fost stabilit diametrul exterior D_e al tolelor stator. Cu toate că D_e poate varia numai în limite înguste pentru un anumit gabarit, fiind funcţie de înălţimea dată H a axei, totuşi alegerea sa are o influenţă importantă asupra construcţiei motorului. La stabilirea valorilor lui D_e, cuprinse, la seria R.P.R., între 1,50 H şi 1,63 H, au avut un rol important unele consideraţii, ca : asigurarea unui spaţiu suficient pentru nervurile de răcire la execuţia închisă, construcţia simetrică a carcasei, dimensiunile economice de tăiere a tolelor, realizarea seriei derivate cu rotorul bobinat etc.

Diametrul interior s-a ales pe baza proporţiilor clasice cu o tendinţă de majorare ; numărul diametrelor interioare pe gabarit este în general 3, motoarele cu 6 şi 8 poli avînd tola identică. La aceste turaţii, dimensiunile optime ale tolei nu prezintă diferenţe prea mari, aşa încît pot fi luate aceleaşi, în interesul simplificării tehnologiei. Tolele pentru motoarele închise şi protejate (la gabaritele 8 şi 9) sînt de asemenea identice.

Pentru determinarea lungimilor de pachet, în prima etapă, s-a făcut uz de indicele de utilizare:

$$C = \frac{P}{D_i^2 \cdot L \cdot n}, \qquad \frac{\mathrm{kW}_{min}}{\mathrm{m}^3}. \tag{3}$$

Acest indice exprimă în mod complex nivelul tehnic dat de concepţia şi construcţia motorului, de calitatea materialelor utilizate şi de tehnologia de fabricaţie [5], [6]. Fiind proporţional cu produsul $A.B$ § dintre pătura de curent (A) şi inducţia în întrefier (B §), acest indice a fost folosit mai departe pentru asigurarea unei di-

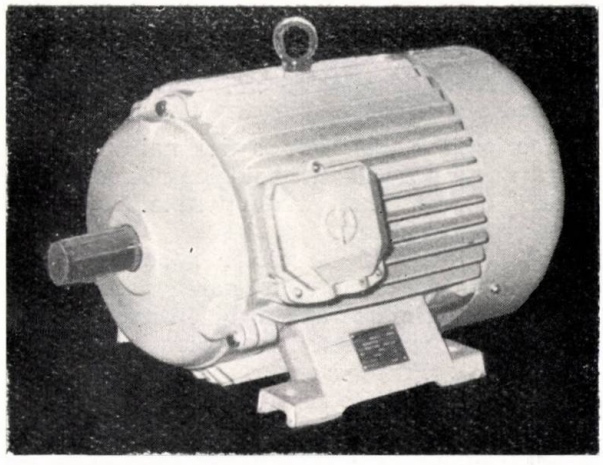


Fig. 5. Motor asincron trifazat, cu rotor în scurt-circuit P33 realizat de întreprinderea Electromotor — Timişoara în cadrul seriei noi unitare.

mensionări unitare a părţilor active ale întregii serii.

După etapa de calcul în vederea unificării seriei s-a efectuat calculul individual al motoarelor, în care s-au adus şi corecţiile necesare pentru realizarea parametrilor prescrişi. în cîteva probleme, cum sînt, de exemplu, calculul reactanţelor capetelor de bobină şi determinarea mai precisă a tensiunii magnetice pentru jugurile stator şi rotor, au fost folosite studii şi cercetări proprii [7].

3.4. Soluţii constructive folosite la realizarea seriei noi unitare

La stabilirea soluţiilor constructive ale motoarelor seriei s-a avut în vedere, în primul rînd, aplicarea unei tehnologii moderne, de productivitate mare, cu diferenţieri în cadrul seriei după volumul de fabricaţie respectiv. De asemenea, a existat o preocupare deosebită pentru o normalizare a subansamblurilor şi, în legătură cu aceasta, pentru posibilitatea utilizării lor la mai multe variante constructive ale seriei.

Din punct de vedere constructiv, seria prezintă următoarele caracteristici :

— Motoarele cu gabaritele 1—5 se fabrică numai în execuţie închisă, cu răcire exterioară prin suflarea aerului peste nervurile exterioare ale carcasei de fontă (fig. 4). Motoarele gabaritelor 6—9 se fabrică atît în execuţie închisă (fig. 5 şi 6) cît şi protejată, cu răcirea interioară. Printr-o construcţie şi tehnologie mai raţionale şi în urma reducerii dimensiunilor carcaselor, greutatea lor se reduce în medie cu 40% faţă de motoarele seriei vechi.

— La motoarele cu gabaritele 1—5, tălpile de fixare sînt prinse de carcasă în trei puncte de sprijin prin cîte două şuruburi. în acest fel este necesar numai un singur tip de carcasă pentru formele constructive cu tălpi şi cu flanşă. Un alt avantaj al acestei prinderi a tălpilor este şi răcirea suplimentară datorită circulaţiei aerului printre nervurile la care se fixează tălpile (fig. 7). Tipul de prindere arătat, cu şuruburile dispuse radial, prezintă avantaje printr-o rigiditate mai mare la vibraţii.

— Lagărele la aceste gabarite sînt astfel concepute încît se elimină capacele de rulment, ceea ce are ca urmare o reducere a manoperei şi a greutăţii. în figura 8 se arată locaşul unui rulment cu peretele exterior format din scut şi cu capacul de etanşare interior solidar cu arborele.

— Ventilaţia maşinilor închise este de tipul clasic, adică s-a folosit carcasa prevăzută cu nervuri, peste care aerul de răcire este suflat de un ventilator exterior protejat de o capotă. La ultimele două gabarite, experimentările au confirmat necesitatea de a se intensifica ventilaţia prin introducerea unui ventilator interior, pentru ca aerul din motor să circule în circuit închis, prin canale axiale în rotor şi prin patru canale periferice în carcasă.

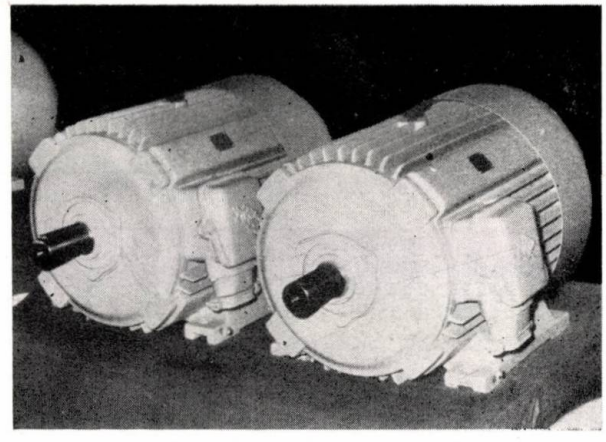


Fig. 6. Motor asincron trifazat cu rotor în scurt-circuit P33, realizat de „Uzina de maşini electrice" din Bucureşti, în cadrul seriei noi unitare.

Pentru stabilirea sistemului de ventilaţie optim la motoarele protejate s-au efectuat încercări pe o serie de variante constructive. S-a arătat că ventilaţia bidirecţională (intrarea aerului prin

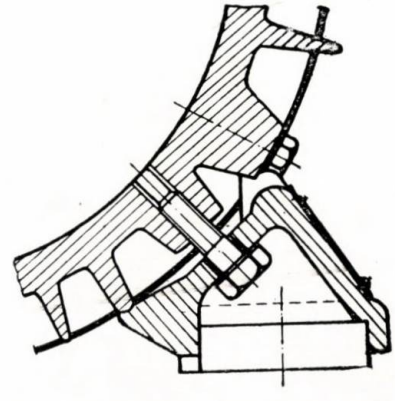


Fig. 7. Prinderea cu şuruburi a tălpilor de fixare la motoarele cu gabaritele 1—5.

cele două scuturi şi evacuarea prin carcasă lateral) duce la o încălzire mai redusă şi mai uniformă a înfăşurării, şi — în consecinţă — a fost adoptată [7].

Construcția înfășurărilor la motoarele din seria unitară s-a diferențiat într-o măsură oarecare, pe grupe de gabarite, pe baza experienței și tradiției fabricilor respective. Astfel, la gabaritele 1—5, înfășurările motoarelor cu 2, 4 și 6 poli sînt cu un singur strat, în timp ce la restul motoarelor, înfășurările sînt cu două straturi. La motoarele protejate cu ventilație bidirecțională s-a adoptat o înfășurare cu suprafețe mari de răcire la capetele de bobine în formă de grătar, în vederea unei mai bune exploatări a curenților de aer radiali.

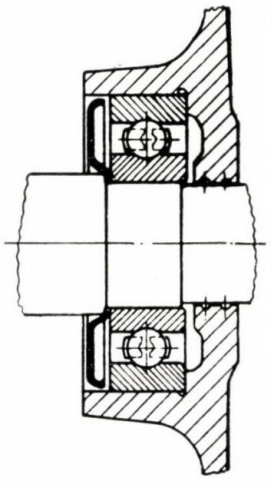


Fig. 8. Tip de lagăr folosit în construcția motoarelor asincrone cu gabaritele 1—5.

La alegerea soluțiilor constructive au avut un rol important obiectivele fixate pentru normalizarea reperelor seriei. De sigur că astfel de străduințe au avut efect mai mult în cadrul gabaritelor fabricate de fiecare întreprindere. Pe gabarite, s-a tins spre o reducere cît mai mare a numărului de repere, avînd ca urmare o reducere a numărului de scule și dispozitive. Astfel s-a unificat construcția celor două scuturi, s-au eliminat la motoarele mici capacele de rulmenți, s-a redus numărul de tipuri la ventilatoare, capote, rulmenți etc. În schimb, lungimile de pachet nu s-au unificat pe gabarite decît în cadrul aceloraşi diametre interioare ale tolei stator, adică la 6 și 8 poli, deoarece păstrarea aceloraşi lungimi la toate iturațiile, cum avea vechea serie, nu aducea avantaje, din cauză că dispozitivele corespunzătoare erau totuşi diferite în urma deosebirilor de diametre.

3.5. Procedee tehnologice noi aplicate la seria unitară

În fabricația gabaritelor seriei noi unitare se aplică unele procedee tehnologice noi care au ca urmare o mai bună productivitate și un nivel calitativ mai ridicat.

Astfel, la turnarea carcaselor gabaritelor 1—5, fabricate în serie mare, formarea nervurilor se face prin imprimare radială din interiorul corpului carcasei spre exterior (operație care este mecanizată). Prin acest procedeu s-au obținut carcase de o calitate foarte bună.

Pentru ștanțarea tolelor statorice și rotorice s-au introdus matrițe-bloc de o construcție nouă. Matrița se compune din elemente uzinate separat pe mașini-unelte, ceea ce mărește în mod considerabil productivitatea și precizia în fabricația acestor scule. De asemenea, prin aceasta se creează posibilitatea unei reparări simple a matrițelor, prin înlocuirea elementelor deteriorate. Împachetarea tolelor se face separat de carcasă prin prinderea în scoabe, ceea ce permite bobinarea separată a pachetului statoric, urmată de presarea ulterioară în carcasă. Acest procedeu prezintă o serie de avantaje, și anume : ușurarea manipulării statoarelor, importantă la bobinarea pe bandă, precum și o simplificare considerabilă la impregnarea înfășurărilor statorice.

Prelucrările mecanice ale carcaselor, scuturilor și arborilor sînt executate pe linii de mașini care se încadrează în fluxul tehnologic general al fabricației.

Colivia rotorică din aluminiu se toarnă sub presiune în cochilii pînă la gabaritul 7 și, prin centrifugare, la gabaritele 8 și 9. Sub presiune se toarnă și ventilatoarele exterioare din aluminiu.

La fabricația de mare serie a gabaritelor 1—5 se aplică montajul pe bandă (fig. 9) și vopsirea motoarelor pe conveier în flux continuu.

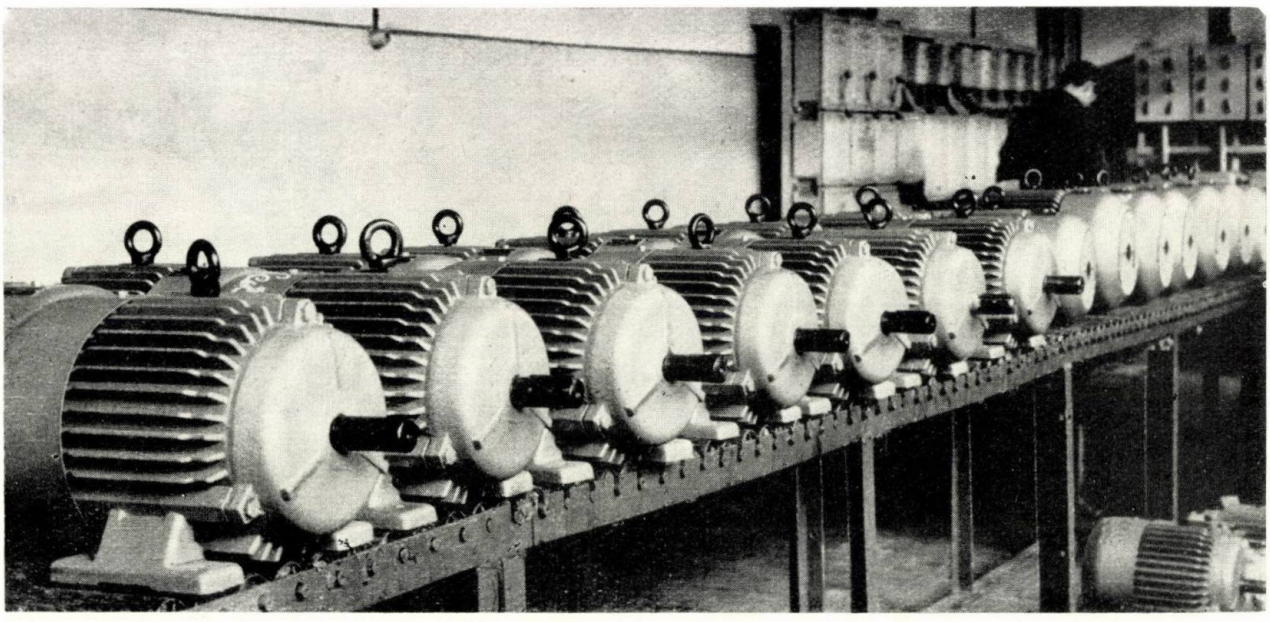


Fig. 9. Motoare din seria nouă unitară, pe bandă de montaj, la întreprinderea „Electroprecizia" — Săcele.

4. Rezultate obținute la elaborarea seriei noi unitare în R.P.R.

4.1. Parametri și indici realizați

Parametrii energetici obținuți la motoarele executate din seria unitară au corespuns condițiilor impuse inițial.

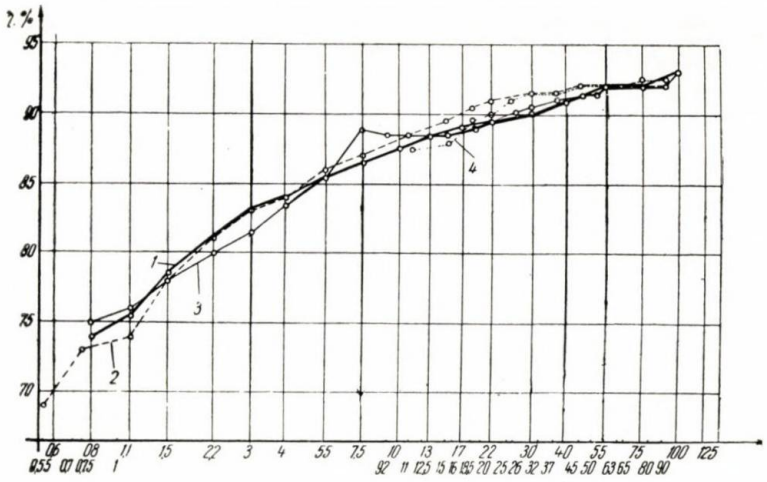


Fig. 10. Curba randamentelor la motoarele asincrone închise (P33) avînd 4 poli, din seria nouă unitară a R.P.R. (1), în comparație cu unele serii moderne similare străine (2, 3, 4).

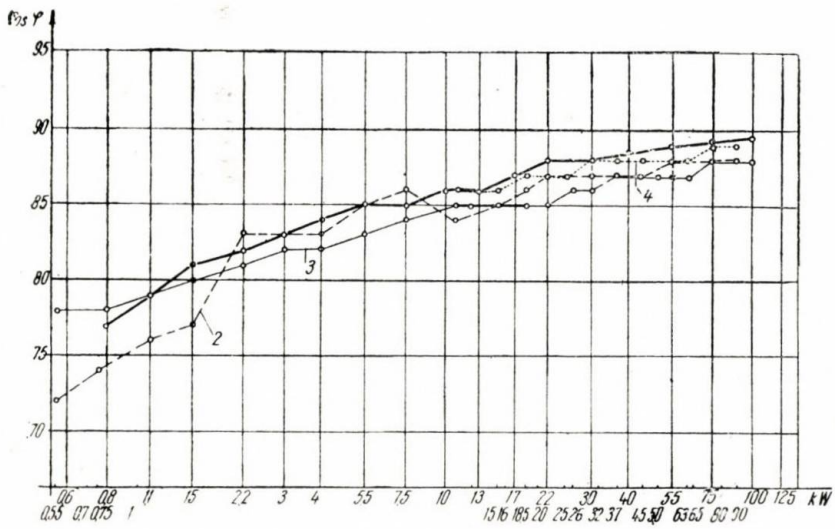


Fig. 11. Curba factorului de putere la motoarele asincrone închise (P33) avînd 4 poli, din seria nouă unitară a R.P.R. (1), în comparație cu serii moderne similare străine (2, 3, 4).

În figurile 10 și 11 se compară randamentul și factorul de putere al motoarelor de 1 500 rot/min din seria unitară cu cei ai unor firme cunoscute care au asimilat pînă în prezent o serie de motoare în gabaritele CEI. Din diagramă rezultă că factorul de putere al motoarelor seriei R.P.R. este superior motoarelor străine, iar randamentul are, practic, aceeași valoare.

Parametrii de pornire, indici importanți pentru calitatea motoarelor, au fost realizați, de asemenea, în limitele valorilor prescrise. Pentru calitatea pornirii este hotărîtor cuplul în timpul pornirii, care nu trebuie să prezinte o valoare redusă sub 90% din cuplul nominal. În figura 12 este dată oscilograma cuplului de pornire a motorului de 3 kW, 1 500 rot/min.

Un alt indice calitativ, care în ultimul timp cîștigă din ce în ce mai multă importanță, este nivelul zgomotului produs de motor. Prin cercetarea surselor de zgomot din motoare (în figura 13 se dă o analiză spectrală a zgomotului produs de motorul de 3 kW, 4 poli) s-au determinat căile de reducere a zgomotului în funcționare la o valoare corespunzătoare nivelului calitativ mondial.

În figura 14 se compară greutățile specifice ale motoarelor de 1 500 rot/min din seria nouă R.P.R. cu cele ale vechii serii R.P.R. și cu indicii de greutate ai acelorași firme străine.

Reducerea greutății totale la motoarele seriei noi față de vechea serie este în medie de peste 30%. Sarcina de reducere a greutăților în medie cu 15%, impusă prin tema de proiectare, a fost deci realizată și depășită în mod substanțial.

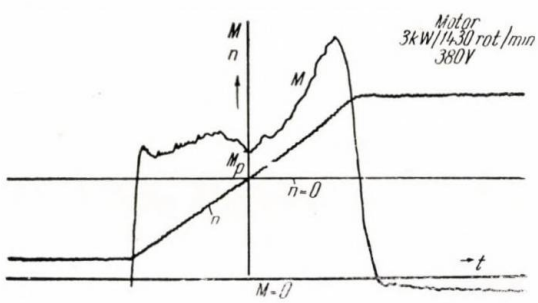


Fig. 12. Caracteristica cuplului în timpul pornirii cu reversare, la motorul 3 kW, 1 500 rot/min, din seria nouă unitară.

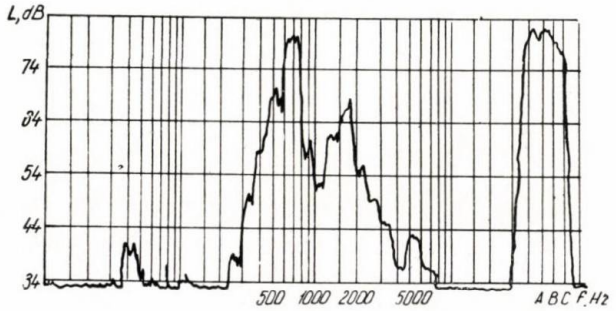


Fig. 13. Spectrul zgomotului produs de un motor asincron de 3 kW, 1 500 rot/min, din seria nouă unitară.

Față de motoarele firmelor străine, greutățile motoarelor seriei unitare prezintă valori analoge, cu oarecare devieri date de diferențele de gabarit în care s-au încadrat puterile respective.

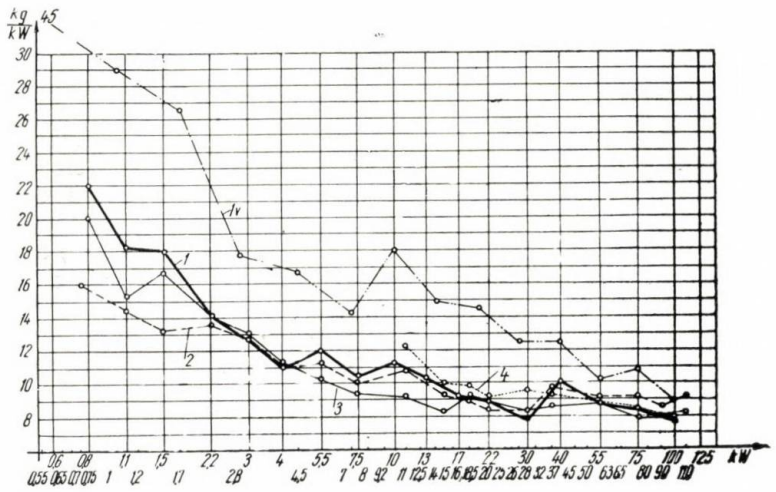


Fig. 14. Curba indicelui greutății specifice (kg/kW) la motoarele asincrone închise (P33) avînd 4 poli, din seria nouă unitară a R.P.R. (1), în comparație cu seria veche R.P.R. (1 v) și cu seriile similare străine (2, 3, 4), din aceeași perioadă (1960—1961).

4.2. Eficiența economică a asimilării seriei noi unitare

Efectul economic principal realizat prin asimilarea seriei noi unitare constă în reducerea sensibilă a consumului de materiale: tablă silicioasă, cupru și fontă.

Parametrii energetici sînt în esență la același nivel ca și ai seriilor străine de renume mondial. Față de seria veche R.P.R., nivelul parametrilor energetici este mai ridicat, așa încît din acest punct de vedere există certitudinea că costurile de exploatare a noii serii vor fi reduse față de vechea serie, ceea ce mărește eficiența sa economică.

Considerînd o producție anuală de motoare de 600 MW, economiile de materiale prin introducerea în fabricație a seriei noi față de vechea serie sînt următoarele:

tablă silicioasă	1 000 t/an;
conductoare de cupru	120 t/an;
piese de fontă	2 100 t/an.

5. Concluzii

Pe baza celor arătate se poate afirma că noua serie unitară prezintă un progres important față de vechea serie fabricată în R.P.R., atît la parametrii energetici și funcționali, cît și mai ales la consumurile de materiale. Prin cercetare, calcul, construcție și tehnologie au fost create condițiile pentru realizarea unei serii noi, economice, care prezintă un nivel tehnic de valoare ridicată.

În 15 ani de existență, industria electrotehnică romînă a lichidat, într-un domeniu important de fabricație, rămînerea în urmă, îndeplinind sarcinile trasate de Congresul al III-lea al P.M.R. privind ridicarea nivelului tehnic al producției de motoare electrice.

Bibliografie

[1] *Ghiță, N.:* Progresul industriei electrotehnice în R.P.R. În: Electrotehnica *10*, nr. 6, 1962, p. 191—195.

[2] *Crișan, I.:* Sarcinile industriei electrotehnice din R.P.R. în lumina Directivelor Congresului al III-lea al Partidului Muncitoresc Romîn. În: Electrotehnica *8*, nr. 8, 1960, p. 267—274.

[3] CEI Publication 72-1 „Recommandations pour les dimensions et puissances normales des moteurs électriques, 1-ère partie: Moteurs à induction à fixation par pattes de hauteurs d'axe comprises entre 56 et 315 mm". Geneva, 1959.

[4] CEI document 2 B (secretariat) 11, febr. 1962.

[5] *Geigenmüler, K.* und *Weh, H.*: Vom IEC-Motor zum DIN-Motor. În: Conti. Electro-Berichte, ian—mart 1960, p. 31—38.

[6] *Geigenmüler, K.*: Zur Frage der Ausnützung von serienmässigen Asynchronmotoren kleiner und mittlerer Leistung. CEIG — Berichte, număr special, 75 Jahre, Schorch, 1957.

[7] *Berberian, A.:* Probleme de proiectare la elaborarea noii serii unitare de motoare electrice asincrone. În: Electrotehnica 9, nr. 7, 1961, p. 228—236.

Seria unitară de amplificatoare magnetice de putere

CZ 621.372

Amplificatorul magnetic (AM) sau transductorul este unul dintre elementele cele mai larg folosite în instalaţiile moderne de automatizări şi acţionări electrice. În timp ce construcţia acestora, exceptînd fabricarea miezurilor, este deosebit de simplă, obţinerea unor calităţi ridicate şi proiectarea unor scheme care să asigure performanţe înalte constituie o problemă foarte dificilă, deoarece fenomenele neliniare care intră în joc sînt foarte complexe. În adevăr, pe de o parte, funcţionarea AM se bazează pe neliniaritatea caracteristicii de magnetizare a materialelor fero sau ferimagnetice, iar pe de altă parte, din punctul de vedere al comportării, AM se prezintă ca un element neliniar care are la ieşire pulsuri de formă şi durată variabilă, în funcţie de nivelul de comandă, şi ale cărei mărimi utile (valoare medie, efectivă sau componentele armonicelor) sînt funcţii neliniare ale mărimii de intrare, chiar dacă s-ar considera o caracteristică de magnetizare liniară. În cazul AM cu răspuns rapid, care se caracterizează printr-un timp mort aleatoriu, cuprins între 0,5 şi 1,5 perioade ale tensiunii de alimentare, situaţia este şi mai delicată atunci cînd frecvenţa semnalului de intrare se apropie de aceea a tensiunii de alimentare, deoarece nu este aplicabilă nici transformata z, durata pulsurilor de ieşire nefiind neglijabilă faţă de durata dintre pulsuri şi nu se poate asimila astfel cu un sistem prin eşantionare, iar metoda lăţimii pulsurilor nu este aplicabilă sistemelor în circuit închis. Nici una dintre metodele dezvoltate în teoria neliniară a reglării automate nu este aplicabilă ca atare. Cu toate aceste dificultăţi, datorită calităţilor remarcabile pe care le prezintă AM, s-au găsit metode mixte de calcul şi experimentale, care permit dimensionarea şi folosirea lor optimă. De asemenea, pentru diferitele categorii de aplicaţii, s-au creat tipuri şi metode de proiectare specifice, care au condus astfel inerent la posibilitatea dezvoltării de serii unitare, acestea prezentînd o importanţă economică, şi oferind posibilitatea elaborării schemelor de către un corp tehnic care nu necesită o pregătire şi o experienţă deosebită.

O dată cu dezvoltarea în industria noastră a echipamentelor de comandă şi automatizări, a apărut şi necesitatea construirii unor serii de AM. Ţinînd seamă de ordinea necesităţilor, s-a considerat că seria unitară de AM de putere este prima care trebuie dezvoltată. În cadrul laboratorului de acţionări electrice al ICPE s-a elaborat această serie, asimilată apoi în fabricaţie în anul 1962 de către fabrica „Electrotehnica".

La baza construcţiei seriei unitare de AM au stat următoarele considerente :

1. Numărul tipurilor trebuie să fie suficient de mare pentru a satisface, din punct de vedere economic şi raţional, majoritatea necesităţilor, şi a justifica astfel economicitatea unei serii, folosind totodată un număr de repere cît mai redus.
2. Dimensionarea AM trebuie să fie făcută astfel încît să se obţină un maximum de putere, cu minimum de gabarit şi de preţ.
3. Tăierea tolelor trebuie să fie efectuată la ştanţă, cu decuparea interioară şi exterioară, astfel încît deşeurile, numărul ştanţelor şi manopera de tăiere să fie reduse la minimum posibil.
4. Materialul folosit pentru tole să fie constituit din tablă silicioasă laminată la rece, cu cristale orientate cu grosimea de 0,35 mm şi cu inducţia la saturaţie în jurul a 20 000 Gs.
5. Performanţele care nu sînt aduse la un nivel optim, respectiv coeficientul de amplificare dinamic (coeficientul de calitate), să aibă totuşi valori ridicate, în special la tipurile mici, la care se urmăreşte mai puţin criteriul de realizare a unui gabarit optim, în favoarea unui coeficient de amplificare dinamic şi a unei constante de timp optime.
6. Curentul minim al AM trebuie să aibă o valoare cît mai scăzută, iar reactanţa la saturaţie să fie cît mai mică, în special la puterile mari.

Plecînd de la aceste premise, s-a ajuns ca seria să fie alcătuită din 13 tipuri în aer şi trei tipuri în ulei, cu puteri cuprinse între 10 VA şi 100 kVA, în montaj monofazat autosaturat, şi pînă la 400 kVA

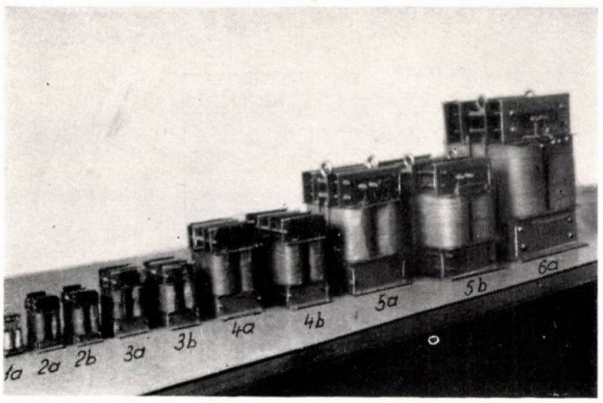


Fig. 1. Zece tipuri de AM dintre cele 16 tipuri ale seriei unitare de AM de putere.

în montaj trifazat autosaturat, puterea dublîndu-se aproximativ de la un tip la cel următor. Fiecare tip este proiectat pentru două sau trei tensiuni standardizate, seria însumînd în total un număr de 36 AM. Notaţia fiecărui tip din serie se face prin iniţialele AMSU sau AMSI, care prezintă aparatul, materialul şi forma tolei (AM — amplificator magnetic ; S — tolă silicioasă ; U — forma de U a tolei; I — forma de I a tolei), urmate de una dintre cifrele 1—8, care reprezintă mărimea tolei, şi de litera mică *a* sau *b*, care simbolizează grosimea pachetului de tole (*a* — pachet de tole cu secţiunea aproximativ pătrată ; *b* — pachet de tole cu secţiunea dublă, faţă de *a*). Ultimul tip de AM în aer, AMSU — 6 b, este introdus şi în ulei (dublîndu-şi puterea), primind din acest motiv notaţia AMSU — 6*bu*. În figura 1 se arată zece tipuri din serie (tipurile 1 *a*, 2 *a*, 6 *a*).

Fiecare tip din serie poate fi livrat de fabrică, pentru orice tensiune, la cerere. De asemenea, AM pot fi livrate şi în conexiune Ramey (răspuns în semiperioadă), la aceeaşi putere, şi în conexiune serie

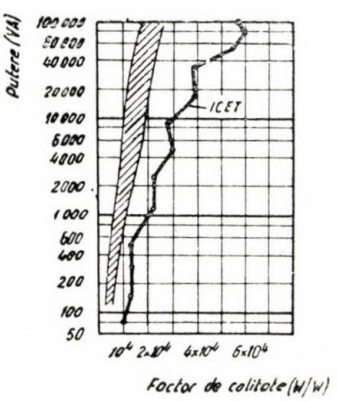


Fig. 2. Factorul de calitate (coeficientul de amplificare dinamic) al seriei unitare de AM, ICET.

sau paralel, fără autosaturaţie, cu sau fără reacţie externă, puterile în acest caz reducîndu-se.

Dimensiunile tolelor au fost astfel alese încît manopera de tăiere, cum şi deşeurile, să fie minime (ceea ce se decupează din interiorul unei tole serveşte pentru confecţionarea unei tole mai mici etc.). Pentru a putea realiza atît această economie, cît şi scara uniformă de puteri, cum şi pentru a putea folosi aceeaşi formă de tolă la cîte două tipuri de

AM şi a realiza un coeficient de amplificare dinamic bun la AM de putere mică, s-a făcut un compromis, în ce priveşte dimensiunile optime obţinute prin calculul de optimalizare, după criteriul gabaritului minim, pentru o putere dată. Abaterile dimensiunilor de la cele optime nu au avut ca rezultat, la

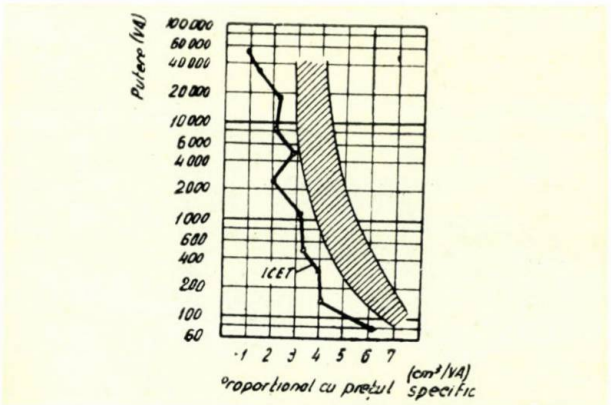


Fig. 3. Preţul specific în unităţi convenţionale al seriei unitare de AM, ICET.

nici un tip de AM, o alterare mai mare de 10% a raportului gabarit/putere, chiar la tipurile mici.
O mărime care caracterizează calitatea miezului magnetic (geometria, împachetarea miezului, calitatea materialului etc.) este coeficientul K_v de amplificare în volţi ieşire (tensiune pe sarcină) pe amperspire de comandă. Pentru seria noastră acest coeficient are valori comparabile cu cele ce se întîlnesc la AM similare cele mai moderne.
Coeficientul de amplificare dinamic Q, care este proporţional, printre altele, cu coeficientul K_v şi cu rădăcina pătrată a puterii disipate, sub formă de căldură, de către înfăşurările de sarcină, caracterizează calitatea AM, inclusiv miezul magnetic. Pentru obţinerea unui Q cît mai mare, rezultă deci că este necesară, în afara unui coeficient K_v ridicat, şi o formă constructivă care să permită o cît mai bună disipaţie de căldură. Printr-un studiu amănunţit s-a găsit o soluţie constructivă care asigură o disipaţie optimă a căldurii, menţinînd totodată un gabarit redus. În figura 2 se arată coeficientul de amplificare dinamic Q al AM din seria noastră, în funcţie de putere. Zona haşurată reprezintă valorile pentru coeficientul Q al celor mai moderne serii similare străine. Caracteristicile electrice, gabaritele şi preţurile materialelor, care au fost indicate într-o lucrare anterioară [1], situează această serie de AM cel puţin la nivelul celor mai moderne construcţii similare mondiale.
Întrucît se poate arăta că preţul unui AM din serie este proporţional cu volumul gabaritului său, rezultă că raportul volum/putere reprezintă o mărime proporţională cu preţul specific al AM şi poate fi considerat deci ca o cifră caracteristică. În figura 3 este reprezentată variaţia acestei cifre cu puterea. Zona haşurată reprezintă valori corespunzătoare pentru alte serii moderne.

Bibliografie

[1] *Finţescu, D., Şerbănescu, B. şi Zăroni, R.* Seria unitară de amplificatoare magnetice de putere. Sesiunea de comunicări tehnico-ştiinţifice ICET, vol. *I.* Bucureşti, Editura IDT, 1962, p. 124—133.

Ing. **D. Finţescu**

Echipament electric pentru electrofiltre

CZ 621.319.52: 621.359.4

Separarea suspensiilor solide din gaze poate constitui fie o fază a unui proces tehnologic, fie o protecţie în contra impurificării atmosferei din centrele industriale aglomerate. În desprăfuirea gazelor se cunosc pînă în prezent cîteva soluţii care au devenit clasice, şi anume: desprăfuirea realizată prin filtre mecanice, filtre ultrasonice şi filtre electrostatice. Din punctul de vedere al eficacităţii desprăfuirii, precum şi al obţinerii energiei necesare realizării acestui scop s-a impus soluţia electrostatică. O instalaţie de filtrare electrostatică se compune, în principal, din camera de desprăfuire şi din instalaţia electrică de alimentare a acesteia.
Tensiunile utilizate, în general, în astfel de instalaţii se situează în domeniul 60—100 kV şi sînt condiţionate de dimensiunile camerei de desprăfuire, de regimul termic al gazelor care trebuie desprăfuite şi de natura suspensiilor.
Realizarea instalaţiilor de filtrare electrostatice s-a făcut după diverse soluţii proprii ale unor firme de specialitate. Diferenţa esenţială dintre aceste soluţii constă în utilizarea redresoarelor mecanice, sau cu semiconductoare în reglajul tensiunii prin autotransformator comandat prin servomotor, sau în reglaj automat al tensiunii prin elemente statice. Stabilirea regimului optim de funcţionare a electrofiltrului şi adaptarea acestui regim la variaţia condiţiilor din camera de desprăfuire nu au cunoscut decît soluţii parţiale.
Instalaţia realizată la întreprinderea „Electrotehnica", reprezentînd asimilarea în fabricaţia de serie a prototipului elaborat la Institutul de cercetări electrotehnice, de către colectivul ing. D. Finţescu şi R. Zăroni [1], se remarcă prin utilizarea unor soluţii moderne, fără elemente mobile, care asigură în mod automat regimurile optime şi uşurează exploatarea şi întreţinerea.

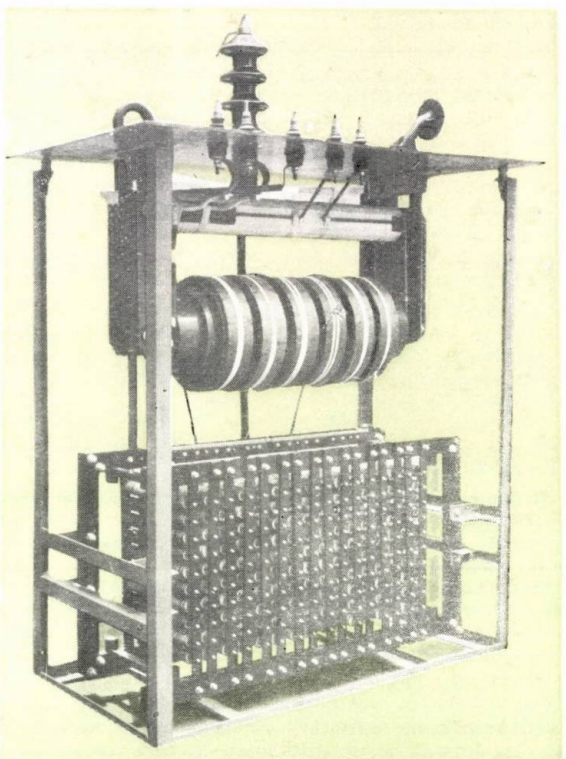


Fig. 1. Agregatul de înaltă tensiune.

Produsul prezentat rezolvă într-un mod original [2] în special problema reglării automate statice a tensiunii înalte, reglînd-o permanent la valorea optimă

corespunzătoare regimului real din camera de desprăfuire prin reglarea frecvenței descărcărilor.
Din punct de vedere constructiv instalația cuprinde un agregat de alimentare a electrofiltrului, un dulap de comandă și reglare automată și o rezistență divizoare, de pe care se culeg semnalele proporționale cu tensiunea din filtru.

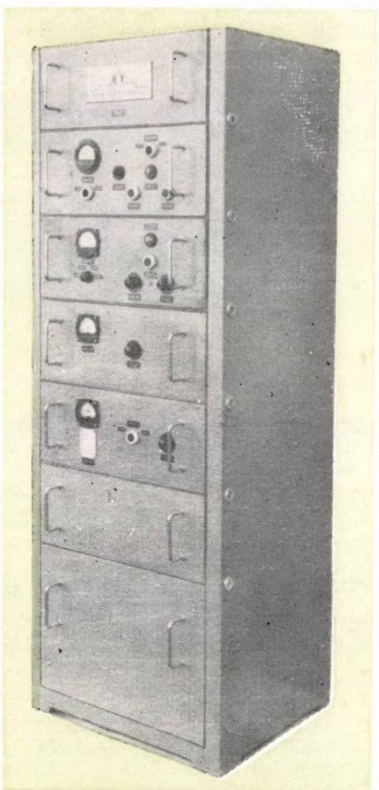


Fig. 2. Dulapul de comandă.

Agregatul este constituit din următoarele elemente: un transformator monofazat 0,35/80 kV, 40 kVA; un redresor de înaltă tensiune format din 4 × 3 200 celule de seleniu, cu diametrul de 40 mm, montate în punte dublă-alternanță și un amplificator magnetic în montaj autosaturat, înseriat cu primarul transformatorului, și care permite reglarea continuă a tensiunii.

Transformatorul și redresorul formează agregatul de înaltă tensiune, constructiv rigidizate între ele (fig. 1) și introduse într-o cuvă cu ulei de transformator. Amplificatorul formează o unitate separată. Dulapul de comandă și reglare automată (fig. 2) cuprinde blocurile funcționale, repartizate în șapte sertare (fig. 3), fiecare sertar constituind o unitate funcțională.

Toate elementele reprezentate în schema-bloc (fig. 4), în afară de agregatul de înaltă tensiune *T*, *RS*, divizorul de tensiune *R*, amplificatorul final AM_1 și camera de filtrare *I*, sînt cuprinse în dulapul de comandă.

Din punct de vedere funcțional (fig. 4), instalația a fost descrisă în lucrări anterioare [1, 3] și, în linii mari, funcționează în felul următor:

Amplificatoarele AM_1 și AM_2 fac parte din regulatorul de tensiune, alcătuind o cascadă de amplificare. La rîndul său amplificatorul AM_2 este comandat de diferența dintre tensiunea din filtru și o tensiune de referință.
Tensiunea din filtru se preia prin rezistența divizoare *R* sub forma unui semnal de curent, iar tensiunea de referință poate fi stabilită manual cu ajutorul potențiometrului P_1, sau automat prin regulatorul numărului de descărcări RNS. Aceasta

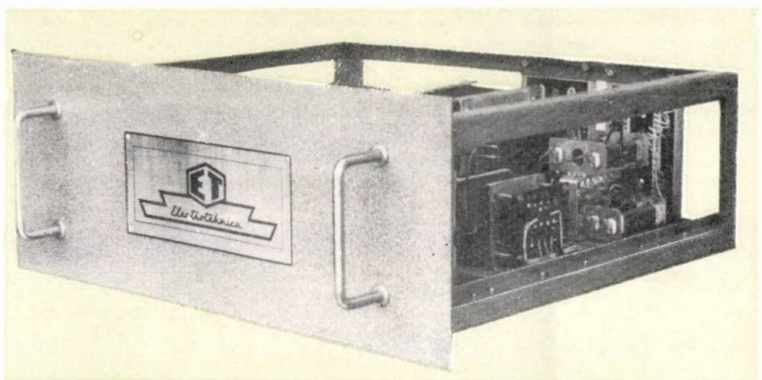


Fig. 3. Sertar.

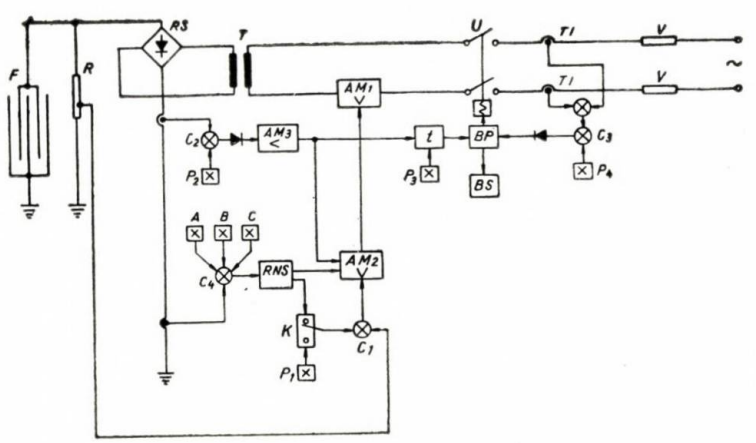


Fig. 4. Schema-bloc de funcționare a echipamentului electric pentru electrofiltre:

F — camera de filtrare; *R* — rezistență divizoare; *T* — transformator de înaltă tensiune; AM_1 amplificator final; AM_2, AM_3 — amplificatoare magnetice; C_1, C_2 ..... C_4 — elemente de comparație; P_1, P_2 ... P_4, *A*, *B*, *C* — potențiometri pentru impunerea mărimilor de reglaj; *K* — comutator de comandă manuală sau automată; *BS* — bloc de semnalizare; *BP* — bloc de protecție; *RNS* — regulator de număr de străpungeri; *t* — temporizator; *V* — siguranțe fuzibile; *U* — contactor principal; *TI* — transformator de curent.

din urmă trimite semnale în funcție de numărul (frecvența) descărcărilor, de durata acestora și de depășirea curentului limită în filtru. Toate aceste mărimi sînt impuse prin potențiometrele *A*, *B*, și *C*. Amplificatorul AM_2 mai poate fi acționat direct de regulatorul RNS, în cazul în care durata descărcărilor depășește limita impusă, și atunci acționează asupra amplificatorului AM_1 în sensul scăderii tensiunii din filtru. După dispariția arcului, tensiunea în filtru revine automat.
Amplificatorul AM_3 are funcția de a comanda limitarea curentului din filtru, atunci cînd acesta depășește limita impusă prin potențiometrul P_2, în special atunci cînd se produc descărcări în filtru. În asemenea situație, amplificatorul AM_3 trimite un prim semnal la amplificatorul AM_2 tot în sensul scăderii tensiunii din filtru; dacă fenomenul persistă, un al doilea semnal este trimis prin temporizatorul *t* spre blocul de protecție *BP* care, la rîndul său, acționează asupra contactorului principal *U*, și asupra blocului de semnalizare *BS*.

În cazul în care se produce vreo avarie pe partea de joasă tensiune a instalației, curentul dat de cele 2 transformatoare de curent *T.I.* depășește limita stabilită prin potențiometrul P_4, iar elementul de comparație C_3 trimite un semnal spre blocul de protecție *BP*, care acționează ca și în cazul anterior, cu deosebirea că în cazul precedent blocul de semnalizare *BS* primește un semnal intermitent, iar în cazul ultim, un semnal continuu.

Instalațiile realizate au fost proiectate, din punctul de vedere al parametrilor, pentru a corespunde desprăfuirii gazelor din liniile de ciment. Aceeași soluție, la alți parametri, poate fi utilizată și la desprăfuirea gazelor din alte industrii, inclusiv cea energetică, funcționînd cu praf de cărbune.

Utilizarea largă a acestei instalații se impune prin: capacitatea de a regla în mod automat regimul optim; lipsa elementelor mobile și a pieselor supuse la uzură; realizarea instalației în ansambluri funcționale interșanjabile; supravegherea minimă în exploatare.

În programul Institutului de cercetări electrotehnice și al întreprinderii „Electrotehnica" se prevede extinderea acestor instalații și la parametrii solicitați de alte întreprinderi.

Bibliografie

[1] *Finţescu, D.* şi *Zăroni, R.* Echipament de automatizare pentru electrofiltre. Probleme de automatizare, vol. V. Bucureşti, Ed. Academiei R.P.R., 1963, p. 89—101.

[2] *Finţescu, D.* şi *Zăroni, R.* Echipament de automatizare pentru electrofiltre. Oficiul de stat pentru invenţii, D. 46772.

[3] *Finţescu, D., Zăroni, R., Şerbănescu, B., Herlea, A.* şi *Lapedatu, E.* Echipament electric pentru electrofiltre. În: Electrotehnica *11*, nr. 9, 1963. p. 333—343.

Ing. **Gh. Laudă** şi ing. **Florica Ştefănescu**

Motoare asincrone cu două turaţii

CZ 621.313.333.045.58

În ultimii ani în țara noastră a luat o dezvoltare mare fabricația de mașini-unelte. O dată cu aceasta s-a mărit mult cererea de motoare electrice cu mai multe turații, care sînt foarte potrivite pentru asemenea acționări. De altfel, folosirea motoarelor cu două sau mai multe turații este foarte indicată în multe alte acționări, ca de exemplu: pentru centrifuge, mașini de ridicat de diferite tipuri etc.

Acest lucru a făcut ca cererile pentru motoare electrice asincrone cu două sau mai multe turații să crească în ultima vreme neobișnuit de mult, astfel încît s-a pus problema de a se mări fabricația acestor motoare în proporții deosebite.

Sînt cunoscute avantajele folosirii acestor motoare care elimină o serie de reductoare mecanice, care sînt costisitoare, greu de întreținut și fac zgomot. Fabricația motoarelor cu două turații extinsă pe un număr mai mare de bucăți a ridicat problema derivării acestor tipuri de motoare din actuala serie unitară de motoare asincrone normale. Problema unei fabricații tehnico-economice care să indice căile cele mai raționale pentru ca la această fabricație să se țină seamă de numărul de bucăți ale seriei și de ritmicitatea produsului, nu a fost o problemă simplă. Ea a fost rezolvată de uzina „Electroprecizia" — Săcele, în colaborare cu Institutul pentru cercetări electrotehnice.

Trebuie arătat că parametrii energetici propuși au un nivel ridicat, fiind comparabili cu cei ai motoarelor similare din cele mai avansate țări.

Seria de motoare asincrone în scurtcircuit cu două turații a intrat în fabricația curentă la uzina „Electroprecizia" — Săcele.

Pînă în prezent s-a reușit să se omologheze:

1) motoarele de 0,75/1,3 kW, 750/1 500 rot/min, care se folosesc la mașinile de frezat roți dințate, la mașinile pentru stivuit mecanic cheresteaua, la mașinile de lustruit etc.;

2) motoarele de 1,1/1,9 kW, 750/1 500 rot/min, utilizate la acționarea mașinilor de frezat universale;

3) motoarele de 1,5/2 kW, 1 500/3 000 rot/min, utilizate la mașina de șlefuit;

4) motoarele de 3/3,8 kW, 1 500/3 000 rot/min, utilizate la mașina normală de frezat lemn;

5) motoarele de 2,4/4 kW, 750/1 500 rot/min, pentru mașina de frezat pachete-furnir.

Dimensiunile de gabarit ale acestor motoare corespund întrutotul dimensiunilor motoarelor din seria normală corespunzătoare, așa cum se indică în tabela 1. Tot în această tabelă se arată și caracteristicile electrice ale acestor motoare.

Dezvoltarea fabricației de motoare electrice cu două sau mai multe turații va continua atît la uzina „Electroprecizia", pentru motoarele din gabaritele 1—5, cît și la celelalte uzine pentru celelalte gabarite.

Ing. **Emil Cîrjan**

Caracteristici electrice pentru motoare cu două viteze din seria unitară *Tabela 1*

Tipul electromotorului	Puterea, kW	Turația, rot/min	Tensiunea, V	Conexiunea	η, %	cos φ	$\frac{I_p}{I_n}$	$\frac{M_p}{M_n}$	Corespunde din punctul de vedere al dimensiunilor gabaritului tipului	
									cu tălpi	cu flanșe
ASI—112 $S^8/_4$	0,75/1,3	650/1 350	380	Δ/YY	63/70	0,63/0,82	6,5	1,8	ASI—112 S	ASI—112 FS
ASI—112 $M^8/_4$	1,1/1,9	650/1 350	380	Δ/YY	65/72	0,63/0,82	6,5	1,8	ASI—112 M	ASI—112 FM
ASI—112 $M^4/_2$	3/3,8	1 350/2 850	380	Δ/YY	80/81	0,86/0,88	6,5	1,3/1,4	ASI—112 M	ASI—112 FM
ASI—100 $L^4/_2$	1,5/2	1 450/2 850	380	Δ/YY	75/78	0,81/0,86	6,5	1,3/1,4	ASI—100 L	ASI—100 FL
ASI—132 $M^8/_4$	2,4/4	650/1 350	380	Δ/YY	69/80	0,5/0,8	7,5	1,5	ASI—132 M	ASI—132 FM

NOTĂ

Principiul de funcţionare a lămpilor cu incandescenţă cu vapori de iod

CZ 621.527.7.004.13 : 546.15

Mecanismul emisiunii luminoase la lămpile cu incandescenţă constă în încălzirea pînă la o temperatură ridicată (2 000—3 000°C) a filamentului de wolfram, temperatură la care o anumită fracţiune a energiei radiante este radiată în domeniul vizibil. Principalul fenomen care influenţează durata de serviciu este viteza de evaporare a materialului din care este confecţionat corpul incandescent (filamentul), şi această viteză creşte foarte mult o dată cu mărirea temperaturii. Cum mărirea temperaturii este determinantă pentru sporirea eficacităţii luminoase, este clar că îmbunătăţirea acestui parametru este limitată, în practică, de necesitatea de a menţine viteza de evaporare la o valoare acceptabilă, care să asigure o durată de serviciu rezonabilă.

Reducerea vitezei de evaporare şi, respectiv, posibilitatea de a ridica temperatura filamentului şi de a îmbunătăţi eficacitatea luminoasă, s-a efectuat prin următoarele mijloace :

a) Trecerea, succesiv, de la fabricaţia filamentelor de cărbune la filamente din osmiu, tantal, iar în cele din urmă (în 1910) din wolfram, metale caracterizate prin viteze de evaporare din ce în ce mai mici la o temperatură dată, precum şi de proprietăţi radiante mai favorabile. Prin aceasta s-a putut ridica eficacitatea luminoasă de la circa 3 lumeni pe watt la circa 9 lumeni pe watt.

b) Trecerea de la fabricarea lămpilor cu vid la lămpi cu atmosferă de gaze inerte (argon, azot, cripton, xenon). Prezenţa acestei atmosfere constituie un obstacol în calea evaporării filamentului datorită ciocnirii particulelor evaporate cu moleculele gazului. Pierderile suplimentare de energie, datorite convecţiei gazului, sînt compensate din plin în bilanţul energetic total al lămpii, de avantajele aduse prin reducerea vitezei de evaporare, fapt ce permite creşterea temperaturii filamentului.

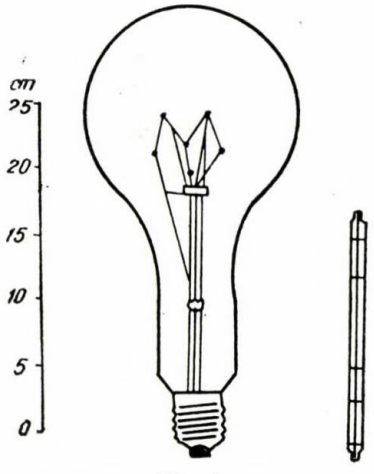


Fig. 1

c) Trecerea la fabricarea filamentelor dublu şi triplu spiralizate. Acest artificiu reduce suprafaţa corpului incandescent în contact cu mediul gazos, reducîndu-se prin aceasta atît pierderile termice, cît şi cele prin evaporare, o parte din particulele evaporate fixîndu-se pe alte porţiuni ale filamentului întîlnite în cale.

Prin perfecţionările *b* şi *c* s-a ajuns prin anul 1920 la eficacităţi luminoase de 12—18 lumeni pe watt şi o durată medie de serviciu de 1 000 h pentru lămpile de uz general şi puteri curente de fabricaţie, fără ca aceste performanţe să fie ameliorate sensibil în ultimele decenii.

Ieşirea din funcţiune a lămpilor incandescente se face, în general, prin întreruperea („arderea") filamentului provocată de faptul că, în ciuda îmbunătăţirilor menţionate, el totuşi se evaporă, se subţiază şi se întrerupe prin topire într-un punct în care o subţiere accidentală produce o supraîncălzire. Statistic, fenomenul „arderii" se produce cînd filamentul a pierdut circa 10—15% din greutatea sa iniţială. Materialul evaporat se condensează pe balonul de sticlă al lămpii provocînd înnegrirea acestuia şi, o dată cu aceasta, o reducere treptată a eficacităţii luminoase.

Din descrierea făcută privind unele fenomene petrecute în lămpile cu incandescenţă rezultă că principalele performanţe ale acestora sînt influenţate de transportul de material (respectiv de wolfram) de pe filament pe balonul lămpii. Este evident că, dacă s-ar găsi o metodă pentru readucerea acestui material pe filament, s-ar deschide calea spre noi perfecţionări ale lămpilor cu incandescenţă. Acest scop a fost atins prin construcţia lămpilor incandescente cu ciclul regenerator.

Principiul de bază al acestor lămpi îl constituie existenţa următorului fenomen cu caracter ciclic : la o temperatură potrivită, wolframul condensat pe pereţii balonului se transformă, prin combinare cu o substanţă străină anumită, într-un compus volatil care, la rîndul său, în contact cu filamentul incandescent, se descompune depunînd wolframul metalic şi eliberînd celălalt component pentru reluarea ciclului. Prin aceasta se realizează curăţarea pereţilor balonului şi conservarea greutăţii filamentului. Pentru realizarea unor asemenea cicluri se pot utiliza halogenurile de wolfram sau, în condiţii mai nefavorabile, carbonilul de wolfram. Teoria arată că există o anumită relaţie între presiunile parţiale ale componenţilor în echilibru (wolframul, halogenul şi halogenura), relaţie care defineşte constanta de echilibru a fenomenului şi care depinde de temperatură. Astfel s-a stabilit că în zona 200—600°C sînt condiţii favorabile producerii halogenurii, iar în zona 1 000—3 000°C sînt condiţii favorabile descompunerii ei, situaţie care permite existenţa ciclului regenerator arătat.

Cele mai bune rezultate au fost obţinute utilizîndu-se în scoopul arătat iodul, primele lămpi utilizabile, din punct de vedere tehnic, fiind obţinute în laborator în anul 1959 cu, toate că primele lucrări privind această problemă datează încă din anul 1916. Rezultă că o lampă de acest fel trebuie să fie astfel construită încît să asigure menţinerea temperaturii balonului la o valoare de cîteva sute de grade, motiv pentru care aceste lămpi se construiesc din sticlă de curţ de formă cilindrică şi de dimensiuni foarte mici. În figura 1 se arată dimensiunile unei lămpi normale de 1 000 W în comparaţie cu o lampă cu iod de aceeaşi putere.

Ca şi în cazul lămpilor normale, viaţa filamentului nu este nelimitată, în practică ea fiind limitată de faptul că atît procesul de evaporare, cît şi cel de readucere a wolframului nu se produce perfect omogen pe toată lungimea filamentului, evaporarea fiind mai accentuată în părţile relativ mai calde, iar depunerea, în părţile relativ mai reci.

Pentru acest motiv şi în cazul lămpilor cu iod se poate vorbi de o durată medie finită, realizată însă în condiţiile unei eficacităţi luminoase sporite cu circa 25% (la durată medie egală) în raport cu lămpile normale. Ţinînd seamă de faptul că lămpile cu iod au o formă cilindrică şi dimensiuni foarte mici, ele sînt foarte rezistente din punct de vedere mecanic, ceea ce permite, în unele cazuri, fabricarea lor cu presiuni ale gazului de umplere ridicate pînă la 10 at. În asemenea situaţii, eficacitatea luminoasă poate fi ridicată pînă la 60% în raport cu lămpile normale. Realizarea practică a lămpilor cu iod ridică o serie întreagă de probleme tehnice delicate, ca : dozarea precisă a iodului, suspendarea filamentului cu ajutorul unor metale inactive, puritatea gazului de umplere, omogenizarea temperaturii filamentului etc. Lămpile incandescente cu vapori de iod de mare putere au fost utilizate cu mult succes la proiectoare cu simetrie cilindrică pentru iluminatul suprafeţelor mari, iar cele de mică putere, la faruri de autovehicule.

Bibliografie

[1] *Zubler, E. G.* şi *Mosby, F. A.* În : Illum. engn. *54*, 1959. p. 734.

[2] *Tijen, J. W.* În : Th. Philips 23, p. 234, 1962.

Fiz. **D. Savopol**

CZ 621.313

I. S. GHEORGHIU. **Mașini electrice** (probleme) vol. III. București, Editura tehnică, 1963, 561 pag., 47 ref. bibl.

Recent a apărut în librării volumul III cu probleme privind mașinile electrice, de acad. prof. I. S. Gheorghiu, tipărit de Editura tehnică.

Cu această lucrare, acad. prof. I. S. Gheorghiu încheie seria tratatelor privind studiul mașinilor electrice obișnuite, socotind că în cadrul acestora trebuie considerate mașina de curent continuu, transformatorul, mașina asincronă, mașina sincronă și, eventual, mașinile de curent alternativ cu colector mono- și trifazate.

Acad. prof. I. S. Gheorghiu a scris pînă în prezent șase volume privind mașinile electrice. Trei dintre acestea tratează teoria, construcția și încercările mașinilor electrice, respectiv: vol. I — mașina de curent continuu, transformatorul; vol. II — mașina asincronă; vol. III — mașina sincronă.

Celelalte trei volume conțin probleme rezolvate privind categoriile de mașini tratate în cele trei volume de teorie, respectiv: vol. I — probleme în legătură cu mașinile de curent continuu și cu transformatorul; vol. II — probleme în legătură cu materialul corespunzător volumului II al lucrării teoretice, adică în principal cu mașina asincronă; vol. III — recent apărut — tratează probleme în legătură cu materialul corespunzător volumului III, adică în principal cu mașina sincronă.

În afară de problemele în legătură cu mașinile sincrone, acest volum (III) mai tratează și despre probleme privind mașinile cu colector mono- și trifazate și, separat, despre problemele de încălzire și răcire a mașinilor electrice și a transformatoarelor. În felul acesta, literatura noastră tehnică posedă o lucrare originală completă la nivelul lucrărilor de specialitate care tratează despre mașinile electrice normale, lucrare care poate să stea oricînd alături de cele mai bune tratate străine de același gen.

Volumul III, recent apărut, cuprinde trei părți distincte și este împărțit în 18 capitole.

Prima parte, alcătuită din 10 capitole, tratează probleme în legătură cu mașina sincronă, care este una dintre cele mai utilizate mașini electrice, atît din punctul de vedere al analizei teoretice (cap. I, II, V, VI), al părții experimentale și al exploatării (cap. III, IV, VII, VIII și IX), cît și din cel al calculului (cap. X).

În această parte s-au folosit, pe lîngă metodele clasice de calcul, și metode speciale, cum ar fi calculul operațional.

Partea a doua a volumului III tratează despre probleme referitoare la mașinile de curent alternativ cu colector, monofazate și trifazate. Aceste tipuri de mașini fiind mai puțin folosite decît mașinile sincrone, spațiul rezervat lor este mai redus, cuprinzînd cinci capitole.

Partea a treia a volumului este destinată încălzirii mașinilor electrice, cuprinzînd probleme privind partea generală teoretică a încălzirii și răcirii mașinilor electrice și a transformatoarelor electrice, precum și probleme specifice încălzirii mașinilor rotative.

Se dă în continuare titlul capitolelor care compun cele trei părți ale lucrării:

Partea I. „Mașina sincronă" cuprinde 10 capitole (260 pagini):

Cap. I. Funcționarea mașinii sincrone în regim simetric: 6 probleme (34 pagini, 12 figuri).

Cap. II. Funcționarea mașinii sincrone în regim simetric permanent: 4 probleme (28 pagini și 7 figuri).

Cap. III. Încercările mașinii sincrone: 5 probleme (30 pagini și 13 figuri).

Cap. IV. Caracteristicile mașinii sincrone: 3 probleme (30 pagini și 10 figuri).

Cap. V. Scurtcircuitul brusc al mașinii sincrone: 5 probleme (34 pagini și 5 figuri).

Cap. VI. Regimul tranzitoriu al mașinii sincrone: 2 probleme (15 pagini, 2 figuri).

Cap. VII. Oscilațiile mașinii sincrone: 2 probleme (28 pagini, 3 figuri).

Cap. VIII. Mersul în paralel al mașinii sincrone: 4 probleme (30 pagini, 3 figuri).

Cap. IX. Mașina sincronă în exploatare: 5 probleme (25 pagini, 7 figuri).

Cap. X. Elemente de proiectare (calcul) ale mașinii sincrone: 2 probleme (38 pagini, 10 figuri).

Partea a II-a. „Mașini de curent alternativ cu colector" cuprinde 5 capitole (110 pagini).

Cap. XI. Funcționarea mașinii monofazate cu colector: 4 probleme (35 pagini și 5 figuri).

Cap. XII. Elemente de calcul pentru mașini monofazate cu colector: 3 probleme (31 pagini și 6 figuri).

Cap. XIII. Funcționarea mașinii trifazate cu colector: 3 probleme (20 pagini și 4 figuri).

Cap. XIV. Elemente de calcul pentru mașina trifazată cu colector: 2 probleme (24 pagini și 7 figuri).

Cap. XV. Funcționarea mașinii comutatoare: 3 probleme (21 pagini și 5 figuri).

Partea a III-a. „Încălzirea și răcirea mașinilor și transformatoarelor electrice" cuprinde 3 capitole (113 pagini).

Cap. XVI. Elemente fundamentale privind încălzirea și răcirea mașinilor și transformatoarelor electrice: 7 probleme (56 pagini și 15 figuri).

Cap. XVII. Calculul termic al mașinilor electrice rotative: 3 probleme (24 pagini și 5 figuri).

Cap. XVIII. Calculul termic al transformatoarelor electrice: 2 probleme (28 pagini și 11 figuri).

Pe lîngă aceste trei părți principale ale lucrării, aceasta mai conține un număr de 14 anexe care cuprind tabele și date dintre cele mai utile, necesare chiar soluționării problemelor din această lucrare. Astfel, de exemplu, anexa VI—1 conține funcții original și imagine pe baza transformării Laplace; anexa V—3 conține inducția în întrefier B_δ și densitatea pînzei de curent A, în funcție de pasul polar, în cazul mașinilor sincrone; anexa X—6, factorii de înfășurare; anexa XVIII—1, valorile minime ale dimensiunilor canalelor de răcire la înfășurările transformatoarelor în ulei etc.

Lucrarea ține seamă de progresele care s-au realizat în ultimul timp în domeniul mașinilor electrice de tipul tratat în lucrare, mai ales în ceea ce privește creșterea coeficientului de utilizare, respectiv reducerea prețului de cost. Valorile numerice date în lucrare, solicitările electrice și magnetice sînt axate pe această linie.

Ca și în lucrările anterioare, autorul a căutat și a reușit ca sistematizarea materialului și a problemelor să fie astfel făcută încît să înceapă cu problemele mai generale și numai după aceea să treacă la problemele particulare privind fenomenele mai intime ale mașinilor electrice respective. Însăși parcurgerea titlurilor capitolelor dovedește cît de armonios este sistematizat materialul.

Tuturor problemelor li s-au acordat aceeași extindere și aceeași importanță. Face excepție capitolul XVI „Elemente fundamentale privind încălzirea și răcirea mașinilor și a transformatoarelor electrice". De obicei această parte este tratată în cărțile cu specific de poreictare, unde se folosesc relații cu caracter semiempiric, fără a se preciza întotdeauna baza teoretică a acestor relații.

Autorul arată această lipsă la capitolul XIV, motiv pentru care a dat acestui capitol o dezvoltare mai amplă, cu arătarea mai pe larg a ecuațiilor termice de bază, derivînd din ecuația Poisson, pentru cîmpul de temperaturi ce ia naștere într-o anumită parte a mașinii electrice.

Felul în care autorul acad. I. S. Gheorghiu tratează problema încălzirii și răcirii mașinii electrice este remarcabil prin claritatea cu care sînt expuse cele trei probleme deosebit de utile practicienilor în rezolvarea cazurilor de acest gen.

Astfel, în prima problemă se tratează repartizarea temperaturii pe lățimea crestăturii, socotind lungimea și înălțimea ei infinite. Soluția este dată în mod exact matematic prin rezolvarea ecuației Poisson, care în această ipoteză este ușor rezolvabilă.

Se trage imediat concluzia că dacă se operează cu valoarea medie a temperaturii se comite o eroare relativ mică de 6%, în schimb problema aflării temperaturii se reduce numai la o împărţire.
Bazat pe această observaţie, autorul face un pas mai departe şi analizează cazul cînd lăţimea şi înălţimea crestăturii sînt finite, iar lungimea ei axială, infinită. Ecuaţia Poisson se complică foarte mult, însă autorul îşi permite de data aceasta să opereze numai cu temperaturile medii. Astfel se soluţionează rapid şi acest fel de problemă. Trecînd mai departe la problema a doua, autorul tratează cazul cînd secţiunea de bobină este relativ mică, astfel încît în interiorul acesteia este satisfăcută ecuaţia Laplace, iar la lungimea finită, de data aceasta a bobinei, se aplică ecuaţia Poisson, pe care o rezolvă separat pentru partea din crestătură a bobinei şi separat pentru partea capului de bobină. Problema este astfel pusă în toată amploarea şi este totuşi soluţionată clar pînă la sfîrşit, iar cititorul nu are nici o dificultate în urmărirea ei. Şi de data aceasta se arată numeric că temperaturile găsite nu se depărtează mult de temperatura medie (56,6°C, faţă de 51°C), în schimb calculele devin cu mult mai simple dacă se operează cu temperatura medie. Tocmai acest lucru îl face autorul în problema a treia, unde foloseşte metoda reţelelor termice, care este şi ea foarte clar expusă.
În sfîrşit, autorul simplifică şi mai mult problema încălzirii maşinii, considerînd fenomenul termic format numai din două corpuri. Majoritatea maşinilor electrice pot fi reduse la un astfel de sistem, considerînd pachetul de tole unul dintre corpuri, iar înfăşurarea, al doilea. Relaţiile se simplifică mult, astfel încît practicienii vor putea cunoaşte rapid, prin calcul, dacă maşina pe care o proiectează se încălzeşte sau nu.
De o mare importanţă în acest volum este felul cum este expusă problema în care se cere să se determine amplitudinile armonicelor fundamentale ale solenaţiei de reacţie a indusului pe pol, longitudinală şi transversală, în cazul cînd întrefierul este uniform sau variabil, după o lege armonică.
Pentru a soluţiona această problemă, autorul face o incursiune foarte simplă asupra fenomenului fizic al apariţiei reacţiei indusului şi asupra posibilităţilor de compensare a acestei reacţii cu spire parcurse de curent continuu, puse pe polii de excitaţie. Se arată cum se transformă unda de reacţie longitudinală şi cea transversală şi cum este posibil a se compensa această undă cu spire pe pol, care dau unde dreptunghiulare. După explicaţiile teoretice se trece imediat la aplicaţiile numerice, astfel încît cititorul are posibilitatea de a lua cunoştinţă de toată teoria maşinii sincrone şi de a se iniţia, fără nici un efort suplimentar, în teoria celor două reacţii, teorie care şi astăzi nu este bine înţeleasă de mulţi, deoarece nu este întotdeauna clar explicată în literatură.
O altă problemă este aceea în care se cere să se determine oscilaţiile proprii ale unui alternator, întîi neţinînd seamă de barele amortizoare şi apoi luîndu-le în considerare. De nenumărate ori autorul acestor rînduri a fost nevoit a soluţiona o astfel de problemă fără nici un ajutor, deoarece în literatura existentă, sau nu se tratează o astfel de problemă concret, sau se trece cu prea multă uşurinţă peste ea.
Tot atît de importantă este şi problema referitoare la proiectarea şi calculul unui motor cu colector trifazat serie, cu transformator intermediar, de 30 kW, 1 000 rot/min, 500 V şi 50 Hz. Utilitatea unui astfel de exemplu de calcul este evidentă, deoarece este cunoscut că tratatele de proiectare fără exemple de calcul sînt evitate, în timp ce cele cu exemple de calcul sînt foarte căutate.
Trebuie menţionat ca deosebit de important felul remarcabil de clar în care autorul acad. I. S. Gheorghiu prezintă teoria, felul în care arată cum trebuie privită problema şi modul cum aplicaţia numerică limpezeşte orice urmă de neînţelegere.

Lucrarea aceasta este utilă nu numai practicienilor, dar şi studenţilor specialişti care vor să cunoască mai bine teoria, a cărei aprofundare este mult mai temeinică dacă simultan se fac şi probleme. De asemenea, şi energeticienii care se ocupă cu exploatarea maşinilor electrice găsesc în această carte soluţia problemelor de care au nevoie în practică, cum este de exemplu problema oscilaţiilor maşinilor sincrone, despre care s-a amintit mai înainte.
Pentru mersul înainte al ţării noastre pe linia progresului tehnico-ştiinţific în sensul Directivelor celui de-al III-lea Congres al P.M.R., cartea acad. prof. I. S. Gheorghiu aduce o contribuţie foarte importantă la îndeplinirea noilor sarcini care revin industriei noastre de maşini electrice, pentru ridicarea calităţii produselor şi reducerea preţului de cost, la asimilarea de noi produse la cel mai înalt nivel tehnic, precum şi la ridicarea substanţială a calificării lucrătorilor noştri proiectanţi de maşini electrice.

V. Bunea

CZ 621.3.016.313.001.24

V. N. NEDELCU. **Teoria unitară a puterii sistemelor nesimetrice nesinusoidale polifazate** (Die einheitliche Leistungstheorie der unsymmetrischen und mehrweligen Mehrphasensysteme). În: ETZ-A 84, nr. 5, 1963.

Această lucrare este consacrată teoriei puterii sistemelor mono- şi polifazate nesinusoidale.
Plecînd de la expresia fazorului Fresnel pentru armonica de ordinul n:

$$\hat{y}_n(t) = y_n(t) + \mathrm{j}y_n'(t),$$

unde:

$$y_n(t) = Y_n \cos(n\omega t + \varepsilon_n);\ y_n'(t) = Y_n \sin(n\omega t + \varepsilon_n),$$

autorul introduce prin definiţie mărimea:

$$\hat{s}_n(t) \overset{def}{=} \frac{1}{2} \cdot \hat{u}_n(t)\{\hat{\imath}_n(t) + \hat{\imath}_n(t)\}$$

pe care o denumeşte: putere complexă aparentă instantanee. Autorul demonstrează că partea reală a mărimii $\hat{s}(t)$ reprezintă puterea (activă) instantanee — p_n, iar partea imaginară — puterea reactivă instantanee, care este identică cu mărimea corespunzătoare propusă de A. Iliovici. Valorile medii ale acestor mărimi reprezintă puterea activă P_n şi reactivă Q_n, pentru undele de armonică n de tensiune şi curent.
Efectuînd operaţiile matematice, corespunzătoare definiţiei mărimii $\hat{s}_n(t)$, autorul obţine:

$$\hat{s}_n(t) = \hat{S}_n + \hat{S}_{2n}(t),$$

unde:

$$\hat{S}_n = \frac{1}{2}\hat{U}_n \hat{I}_n^* ; \qquad \hat{S}_{2n}(t) = \frac{1}{2}\hat{U}_n \hat{I}_n\, e^{j2n\omega t}.$$

În partea a II-a a lucrării autorul dă reprezentarea mărimilor instantanee pentru armonica de ordinul n în planul Gauss. El explică sensul fizic al mărimilor deduse şi defineşte influenţa sistemului asupra puterilor instantanee şi corelarea fizică dintre acestea. Din analiza autorului pentru armonica de ordinul n se obţine:

$$[s_n(t)]_{max} = [p_{n\,max}]_{max} = [q_{n\,max}]_{max} = 2S_n$$

şi, de asemenea:

$$S_n = P_{n\,max} = Q_{n\,max} = \frac{1}{2} \cdot U_n I_n .$$

Rezultă, că modulul puterii simbolice $\hat{S}_n$, adică S_n, este egal cu puterea maximă (medie) activă sau reactivă care se manifestă în sistem la un curent efectiv de $1/\sqrt{2}\cdot I_n$ şi o tensiune efectivă $1/\sqrt{2}\ U_n$.

Trecînd la sistemele polifazate, autorul introduce „indicii generalizaţi" ai lui Fresnel pentru tensiuni şi curenţi :

$$\hat{u}_r(t) = \sum_{n=1}^{\infty} U_{rn}\, e^{jn\omega t};$$

$$\hat{i}_r(t) = \sum_{n=1}^{\infty} \check{I}_{rn}\, e^{jn\omega t}.$$

În lucrare se folosesc indicii n, k pentru ordinul armonicelor (n, k = 1, 2, 3...) şi indicii r, s, pentru faze (r, s, = a, b, c...). Autorul defineşte puterea aparentă complexă instantanee pentru fază de indice r :

$$\hat{s}_r(t) = \left\{\frac{1}{2}\sum_n \hat{u}_{rn}(t)\right\}\left\{\sum_n \hat{i}_{rn}(t) + \sum_n \hat{i}_{rn}(t)\right\} = p_r + jq_r$$

şi puterea complexă instantanee totală, a unui sistem trifazat :

$$\hat{s}(t) = \sum_r \hat{s}_r(t) = p + jq,$$

unde p este puterea activă instantanee totală şi q puterea reactivă instantanee totală a sistemului. Din analiza ulterioară, pe care o desfăşoară autorul, rezultă relaţiile importante pentru teoria generalizată a puterii :

$$\hat{S} = \frac{1}{T}\cdot\int_0^T \hat{s}(t)\,dt;$$

$$P = Re\left\{\hat{S}\right\} = \sum_r P_r;$$

$$Q = Im\left\{\hat{S}\right\} = \sum_r Q_r.$$

Stabilind valorile medii reale pe o perioadă, autorul ajunge la relaţia :

$$S_{max}^2 - S^2 = A^2 + B^2 + D^2,$$

unde :

$$S_{max} = \sqrt{\frac{1}{2}\cdot\sum_{rn} U_{rn}^2}\cdot\sqrt{\frac{1}{2}\cdot\sum_{rn} I_{rn}^2};$$

$$S = \sqrt{P^2+Q^2};$$

D este puterea deformantă generalizată introdusă de C. I. Budeanu, iar mărimile A, B, sînt definite prin relaţiile :

$$A^2 = \sum_n \frac{1}{4}\cdot\sum_{n\neq s}\left\{U_{rn}^2 I_{sn}^2 - 2U_{rn} I_{rn} U_{sn} I_{rn}\cos(\varphi_{rn}-\varphi_{sn}) + U_{sn}^2 I_s^2\right\};$$

$$B^2 = \frac{1}{4}\cdot\sum_{r\neq s}\cdot\sum_{n\neq k}\left\{U_{rn}^2 I_{sk}^2 - 2U_{rn} I_{rn} U_{sk} I_{sk}\cos(\varphi_{rn}-\varphi_{sk}) + U_{sk}^2 I_{rn}^2\right\}.$$

În general, considerăm, că teoria prezentată de autor explică foarte clar un număr de relaţii şi importanţa lor fizică în domeniul puterilor instantanee. Autorul demonstrează valoarea primordială a puterilor reactivă şi complexă instantanee şi arată importanţa acesteia din urmă, ca factor de organizare pentru generalizarea teoriei puterilor, dintr-un anumit punct de vedere.

Lucrarea reprezintă, fără îndoială o contribuţie importantă la teoria puterii sistemelor polifazate nesinusoidale, introducînd relaţii noi, care dau posibilitatea interpretării fizice a fenomenelor în aceste sisteme. Pe de altă parte, lucrarea nu depăşeşte limitele speculaţiilor clasice, aplicate în domeniul teoriei puterii, adică autorul îşi întemeiază analiza pe descompunerea undelor periodice în armonice. Poate fi menţionat şi un alt drum de analiză, în special pentru a găsi relaţiile dintre puterile instantanee. De exemplu, fie $u(t)$ funcţia de curent în sistemul monofazat. Se consideră :

$$v(t) = \frac{1}{\pi}\cdot\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{u(\tau)\,d\tau}{\tau - t}$$ (transformarea Hilbert),

unde :

$$\int_{-\infty}^{+\infty} = \lim_{\varepsilon\to 0}\left\{\int_{-\infty}^{t-\varepsilon} + \int_{t+\varepsilon}^{\infty}\right\},$$

fie

$$\hat{u}(t) = u(t) + jv(t),$$

se obţine :

$$\hat{s}(t) = \hat{u}(t)\cdot i(t);$$

$$p = u(t)\cdot i(t);$$

$$q = v(t)\cdot i(t).$$

O teorie a puterii, care ar folosi transformarea Hilbert, nu este încă publicată. Dar, pe baza exemplului de mai sus se poate aprecia, în ce direcţie trebuie să meargă construcţia acesteia. Această teorie va fi un complement important la teoria autorului pe care ar putea-o elibera de relaţiile greoaie afectate de folosirea armonicelor.

Prof. dr. **Z. Nowomiejski**
Politehnica din Gliwice, POLONIA

CZ 517.512.2: 621.3.081.143.3:538.551.3

Popescu, A. Th. **Metoda discontinuităţilor în analiza fără integrare a funcţiilor periodice.** În: Rev. gén. électr. 47, vol. 72, nr. 3, martie 1963, p. 165—172, 4 fig., 17 ref. bibl.

Se expune detaliat metoda discontinuităţilor în analiza funcţiilor sinusoidale. Se face comparaţie cu metoda clasică prin integrarea funcţiilor componente. Se expun bazele analizei armonice a funcţiilor periodice generale formate din segmente de dreaptă, de arce, de parabolă de un grad oarecare şi a funcţiilor periodice fără integrare. Metoda discontinuităţilor permite calcularea armonicelor, adică a coeficienţilor Fourier ai dezvoltării funcţiei, dată sub forma generală, în funcţie de incidentele geometrice sau discontinuităţile funcţiei şi, de asemenea, în funcţie de salturile de ordonată, de tangentă sau de salturile derivatelor de un grad oarecare ale funcţiilor parţiale.

Se expun avantajele metodei, care sînt:

— calcularea coeficienţilor Fourier ai dezvoltării în serie, printr-o sumă simplă, evitîndu-se în acest fel calculul dificil şi laborios al unor integrale;
— dacă funcţia analizată este poligonală nu este necesar să se scrie ecuaţiile diferitelor segmente;
— coeficienţii pari ai dezvoltării Fourier se deduc din coeficienţii impari printr-o simplă înlocuire;
— simplificările de calcul sînt cu atît mai mari cu cît numărul funcţiilor parţiale este mai mare.

Se fac observaţii asupra aplicării metodei discontinuităţilor funcţiilor impare, funcţiilor pare şi funcţiilor bisimetrice. Se dă un exemplu concret de calcul cu ajutorul acestei metode. Se exemplifică aplicarea metodei la analiza funcţiilor formate din arce de undă sinus. Analizîndu-se mai detaliat această problemă se arată că coeficienţii în dezvoltarea Fourier în sinus conţin şiruri aparent infinite, convergente în anumite condiţii, devenind în aceste condiţii serii geometrice descrescătoare. Analiza în continuare arată că şirurile nu sînt infinite şi că cercetarea convergenţei acestor şiruri devine inutilă. Trebuie remarcat că metoda discontinuităţilor s-a aplicat prima dată la analiza armonică a funcţiilor formate din arcuri de sinusoidă, metoda fiind destinată de autorii ei (E. Abason şi A. Eagle) pentru analiza funcţiilor formate din arce de parabolă de un grad oarecare.

Se studiază, în continuare, metoda raţională a discontinuităţilor pentru analiza funcţiilor sinusoidale. Arătîndu-se că aplicarea formulelor Abason-Eagle funcţiilor sinusoidale nu duce la rezultate raţionale, deoarece rezultă şiruri care pun în mod inutil probleme de convergenţă, se dau formule de calcul care nu conţin decît salturi de ordonată şi de tangentă, deoarece toate derivatele de ordin superior ale unei funcţii sinusoidale se pot exprima în funcţie de funcţia dată şi derivata sa de ordinul întîi.

Se analizează formele de nedeterminare de forma $\frac{0}{0}$ a coeficienţilor dezvoltării Fourier în funcţii circulare, indicîndu-se modul în care se elimină formulele de nedeterminare. Se exemplifică pe calcul concret formulele şi metodele propuse pentru o funcţie sinusoidală reprezentată prin arce de sinusoidă. Din concluzii rezultă că metoda poate fi folosită la analiza armonică a funcţiilor discontinue. Formulele Abason-Eagle sînt aplicabile pentru funcţii reprezentate prin segmente de dreaptă şi arce de parabolă de un grad oarecare, iar formulele propuse de autor sînt aplicabile pentru funcţii reprezentate prin arce de sinusoidă.

Gh. N.

CZ 621.313.282/33

Marinescu, M. şi Vrancea, L. **Motorul cu histereză electromecanică şi mişcare du-te-vino.** În: Elektrie 17, nr. 6, iunie 1963, p. 198—200, 6 fig.

În nr. 6 al revistei „Elektrie" din R.D.G. a apărut articolul: „Der Motor mit Electro-mechanische der Hysteresis und hinndherbewegung", de prof. M. Marinescu şi I. Vrancea.

În introducere se arată importanţa practică a realizării unui motor care, alimentat de la reţeaua de c.a., să dezvolte lucrul mecanic sub formă de forţe şi mişcare alternativă, putînd fi cuplat *direct*, cu pompe cu piston, compresoare, generatoare sonic etc., suprimînd astfel cuplajele prin mecanisme intermediare necesare transformării mişcării de rotaţie, a motoarelor obişnuite, în mişcarea alternativă.

Se arată cum prin alimentarea cu impulsuri de curent a unui electromagnet de tip sinusoidal se poate obţine în planul (Φ, I) parcurgerea unui ciclu de arie maximă pentru variaţii periodice ale mărimilor Φ, I şi $\varkappa$ în limitele de la Φ_m, I_m şi $\varkappa_m$.

Aria cuprinsă într-un astfel de ciclu este egală cu lucrul mecanic maxim dezvoltat de armătura mobilă a electromagnetului contra unei sarcini exterioare, rezistive, de compresie, sonice etc.

Frecvenţa mişcării trebuie să fie jumătate din frecvenţa impulsurilor.

Se expune metoda practică pentru obţinerea impulsurilor de curent prin redresare monoalternanţă. De asemenea, se indică condiţiile realizării automate a fazei optime între mişcare şi impulsurile de curent, condiţia corespunzînd unei rezonanţe electromecanice la impuls.

În fine, se indică rezultatele experimentale obţinute pe un prototip care acţionează o pompă de injecţie (sarcină rezistivă).

Lucrarea conţine, între altele, două oscilograme (ilustrînd impulsurile de curent şi imaginile oscilografice obţinute prin ridicarea directă a ciclurilor de histerezis electromecanic) şi o fotografie a prototipului executat de întreprinderea „Electrotehnica"—Bucureşti.

M.M.

Invenția R.P.R. nr. 42185

Micromotor de turație mică

Un motor electric de curent alternativ monofazat, care poate produce un cuplu foarte mic la o turație foarte redusă, fără demultiplicare, aplicabil la diferite acționări speciale cu caracter lent, prezintă o noutate, deoarece diferitele mijloace electrice pentru

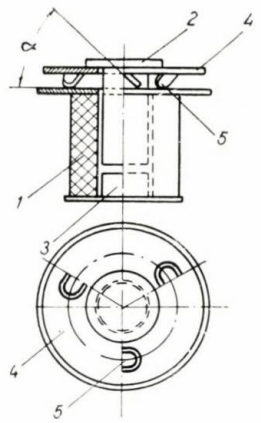


Fig. 1. Micromotor cu trei picioruşe.

acționări cu un cuplu redus şi o turație redusă, cum sînt micromotoarele de curent continuu, sincrone sau asincrone, de inducție cu disc, cu o turație ridicată, necesită un reductor de turație cu o construcție relativ complicată, cu repere asemănătoare cu cele ale ceasornicelor cu acționare electrică.

Spre deosebire de toate motoarele cunoscute la care se exercită un cuplu între stator şi rotor, noul micromotor realizat de ing. Egon Hoppe de la ICPE (invenția nr. 42185) se bazează pe transformarea unor forțe electromagnetice axiale alternative într-un cuplu de rotație.

Într-o variantă (fig. 1), micromotorul este constituit dintr-o bobină cilindrică *1*, alimentată cu curent alternativ, avînd în interior un miez de fier *2*, care se poate deplasa şi se poate roti, şi un al doilea miez de fier fix *3*, montat în prelungire,

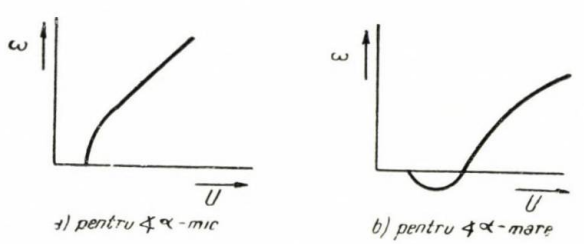


Fig. 2. Viteza unghiulară (ω) în funcție de tensiune (*U*).

pentru a mări valoarea inducției şi deci a forței în direcția axială cu care miezul *2* este tras în bobină. Sub flanşa cu care este prevăzut miezul 2 se află un disc de tablă *4*, din care sînt decupate, prin ştanțare, trei lamele elastice *5*, de forma unor picioruşe înclinate.

La fiecare alternanță a curentului, bobina atrage miezul *2* care apasă discul *4*, producînd aplatizarea lamelelor *5*. Cînd curentul trece prin zero se produce dezdoirea lamelelor *5*, determinînd o mişcare de rotație a discului *4*, cu un unghi foarte mic. Prin deplasările succesive, cu o frecvență de 100 deplasări pe secundă, corespunzînd la o frecvență a curentului de 50 Hz, se realizează o mişcare de rotație aproape continuă.

Prin variația parametrilor geometrici, mecanici, electrici şi magnetici, în special a unghiului de înclinare α a lamelelor elastice *5*, a inerției maselor miezului de fier *2* şi a discului *4*, a frecvenței sau a cîmpului de inducție magnetică produs de bobina *1*, se poate varia nu numai mărimea, ci şi sensul avansului rezultant, adică viteza şi sensul mişcării de rotație. Figura 2 arată viteza unghiulară, în funcție de tensiunea aplicată bobinei, pentru diferite valori ale înclinării lamelelor.

Pentru un micromotor dat, reglajul vitezei se poate efectua prin variația întrefierului, obținută prin deplasarea miezului fix *3* sau prin variația curentului care străbate bobina.

Dintre domeniile de aplicare posibile a micromotorului după varianta arătată în figura 1 se menționează : — plăci turnante pentru vitrine, care prin însăşi mişcarea lor atrag privirile trecătorilor şi arată obiectele expuse din toate părțile ;
— comanda semafoarelor de circulație ;
— relee temporizate ;
— automate de scară.

În figura 3 este prezentat un automat de scară, de forma cea mai simplă, cu trei borne (*a, b, c*) de care se leagă atît tensiunea de alimentare, cît şi instalația din casa de scări (butoane *B* şi becuri *L*). Bobina *1* reprezintă bobina micromotorului; discul-camă *4a*, din material izolant, este solidar cu discul *4*, menționat; C_1 şi C_2 arată lamele de contact care asigură o acționare bruscă atît la închiderea, cît şi la deschiderea contactului. La apă-

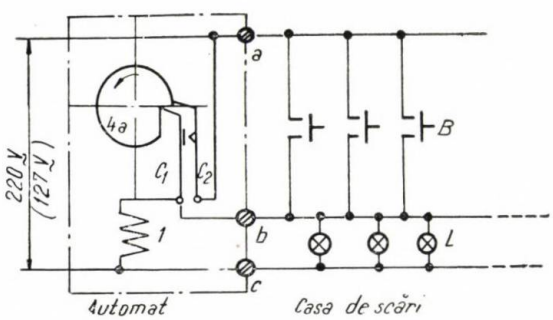


Fig. 3. Automat de scară cu micromotor.

sarea unui buton, bobina micromotorului primeşte curent, şi rotirea camei *4a* în sensul săgeții duce la căderea lamei C_2 pe lama C_1, astfel încît, după eliberarea butonului, curentul pentru becuri şi bobina micromotorului trece prin contactul acestuia, C_2 stînd pe C_1 pînă cînd, la terminarea ciclului, C_1 cade, circuitul se întrerupe, micromotorul se opreşte, şi becurile se sting.

Înlocuindu-se contactul normal deschis cu un contact de comutație şi adăugîndu-se un mic solenoid, se poate realiza şi repetiția, adică asigurarea unui nou ciclu plin prin apăsarea butonului în timpul cînd arde lumina.

În varianta din figura 4, micromotorul este constituit dintr-o bobină *6* cu carcasă dreptunghiulară, avînd un miez *7* din tole, dintre care una este prelungită sub formă de picior *8*, care calcă pe un inel de fier *9*. Bobina *6* este susținută de un braț *10* care îi permite să se rotească în jurul unui ax central *11*. În cazul în care inelul este bobinat cu un fir de rezistență *12*, se poate realiza un reostat reglabil în mod continuu şi automat, cu o anumită viteză de rotație.

Exemplu de aplicare : în automatică, la compensația dinamică (după Temnikov).

Figura 5 arată (principial) circuitul de măsurat pentru înregistrarea unor variații lente de temperatură, de exemplu, în celulele silozurilor de cereale. Două perii diametral opuse, legate electric între ele, perie o dată pe oră inelul 12 bobinat cu o rezis-

tenţă r, astfel încît rezistenţa dintre punctele A şi B variază între 0 şi $\frac{r}{4}$ egal cu $R_{max} - R_{min}$, egal cu variaţia maximă a rezistenţei traductorului $R_{min} < R_x < R_{max}$, corespunzînd temperaturii de $5°C < \vartheta_x < 20°C$. Iniţial, circuitul traductorului este întrerupt şi, în consecinţă, releul diferenţial X

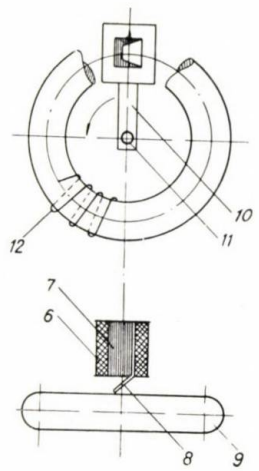


Fig. 4. Micromotor cu un picioruş.

este atras. Cînd periile ajung în poziţia $A - B$, circuitul traductorului este închis şi menţinut închis. La o anumită poziţie a periilor, cînd rezistenţa dintre punctele A şi B egalează $R_x - R_{min}$, releul X cade opreşte micromotorul şi poziţia periilor arată (sau înregistrează) temperatura.

Micromotorul se poate realiza şi în alte variante constructive, depinzînd de domeniul de aplicaţie. La

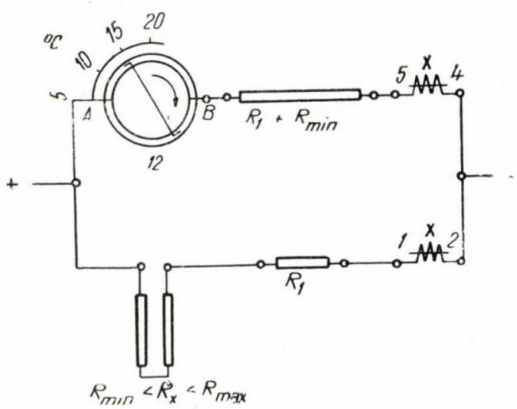


Fig. 5. Compensaţie dinamică cu micromotor.

modelele descrise s-au obţinut următoarele caracteristici:

— turaţia 2 rot/s — 5 rot/min;
— cuplul 0 — 200 gfcm;
— putere absorbită 0,1—10 W.

Noul micromotor prezintă o serie de avantaje: nu necesită demultiplicare (turaţia dorită obţinîndu-se prin alegerea corespunzătoare a parametrilor motorului însuşi), cuplul de pornire este identic cu cel din mers, pornirea şi oprirea sînt practic instantanee, consumul de energie foarte redus, construcţia simplă (o singură bobină cilindrică, fără inele, colector, perii; fără lagăre, rulmenţi, ungere), nu necesită deparazitare, gabaritul foarte mic, uzura practic inexistentă (la picioruşele de oţel — pe un disc de sticlă).

Brevet R.F.G. nr. 1140298

Procedeu pentru reglarea curentului de sudură electrică cu arc la generatoarele sincrone sau asincrone de curent alternativ (Einrichtung zur Regelung Lichtbogenschweisstromes bei umlaufenden Syncron oder Asyncron Wechelstromgeneratoren), 12 iunie 1963.

Titular: Ministerul Metalurgiei şi Construcţiilor de Maşini—Bucureşti
Autor: Ştefan Grosu—Craiova

Generatoarele rotative pentru sudura electrică cu arc în curent alternativ sînt folosite în special la frecvenţe mărite (100—400 Hz) faţă de frecvenţa reţelei (50—60 Hz).

Generatoarele pot fi de tip sincron, de obicei cu magneţi permanenţi, sau de tip asincron, în care caz generatorul are în principiu construcţia unui motor asincron cu secundarul bobinat, primarul fiind rotit, printr-un alt motor de antrenare, în sens invers faţă de sensul de rotaţie a cîmpului învîrtitor.

În unele cazuri, conform altei invenţii a aceluiaşi autor (Brevet R.F.G. nr. 1098121 — „Umlaufende electrische Lichtbogenschweissmaschine", Maşină rotativă pentru sudura electrică cu arc) aceeaşi maşină unică funcţionează succesiv în timpul perioadelor de pauză, ca motor, înmagazinînd energie cinetică şi în timpul perioadelor active de sudură, ca generator de frecvenţă mărită. La trecerea de la funcţionarea ca motor la aceea ca generator se inversează sensul cîmpului învîrtitor prin inversarea a două faze în alimentarea bobinajului primar trifazat. Generatorul continuă să se rotească în acelaşi sens ca în cazul cînd funcţiona ca motor, datorită inerţiei.

În toate cazurile, deci atît la maşini electrice cu motor de antrenare, cît şi la construcţia specială cu maşină unică, reglarea curentului de sudură se face printr-un reactor cu reactanţă variabilă, obţinută fie prin schimbarea numărului de spire ale bobinei reactorului, fie folosind un circuit magnetic cu reluctanţă variabilă prin variaţia unui întrefier sau prin variaţia premagnetizării printr-un circuit de curent continuu. Folosirea reactorului duce la o sporire corespunzătoare a preţului de cost, a pierderilor de materiale, a greutăţii şi a volumului echipamentului de sudură.

Conform invenţiei, funcţia reactorului este îndeplinită de însuşi generatorul de sudură printr-o construcţie specială a acestuia, şi anume, bobinajul indus se face parţial sau total în formă de inel, iar coaxial cu acesta se prevede o piesă magnetică ce se poate deplasa axial. În figura 1 bobinajul indus este indicat prin *7* şi *8*, *7* fiind porţiunea de inel, iar *8*, porţiunea în tobă (de obicei tot bobinajul se execută în inel). Piesa magnetică ce are rolul unui şunt magnetic este indicată prin *3*.

Prin deplasarea axială a piesei *3*, care poate fi cilindrică sau conică, variază întrefierul dintre piesa magnetică *1*, pe care este situat bobinajul indus, şi piesa magnetică *3*. În sarcină, ca urmare a reacţiei indusului, se derivează prin piesa magnetică *3* o parte mai mare sau mai mică de flux magnetic, după cum reluctanţa întrefierului dintre piesa *3* şi *1* este mai mică sau mai mare. Aceasta are ca urmare posibilitatea reglării curentului de sudură.

Deplasarea piesei magnetice *3* pe axul *4* se face cu ajutorul tijei *5*. Construcţia este facilitată prin aceea că la multe tipuri de maşini miezul magnetic *1*, inclusiv piesa *3*, nu se rotesc, rotindu-se în schimb partea exterioară.

În figura 1 este reprezentat un generator de tip asincron. În această figură mai sînt indicate:

miezul magnetic *2* pe care se găseşte bobinajul inductor *9*, o pană de ghidare *6* a piesei magnetice *3*, o piesă de susţinere *11* şi liniile *10* care reprezintă cîmpul magnetic.

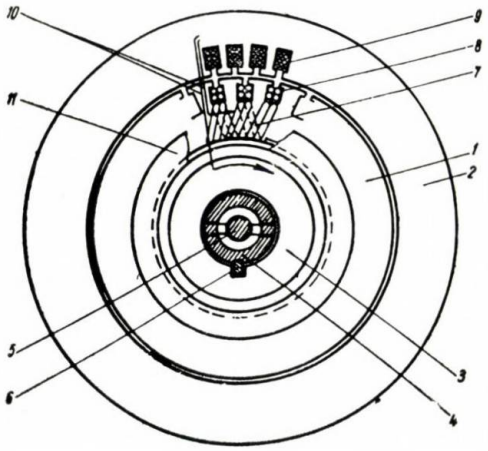


Fig. 1

Avantajele invenţiei constau în aceea că se micşorează preţul de cost, întrucît piesa *3* rezultă din interiorul piesei *1* şi nu are bobinaj propriu. De asemenea, se reduc pierderile, greutatea şi volumul echipamentului de sudură.

Brevet Austria, nr. 225300

Reglarea tensiunii sub sarcină la transformatoare. (Spannungsregelung an Transformatoren unter Belastung), 15 iunie 1962.

Titular: Ministerul Industriei Grele – Bucureşti
Autor: **Ştefan Grosu** – Craiova

La reglajul tensiunii transformatoarelor sub sarcină se folosesc, pentru limitarea curentului între două prize vecine, atunci cînd se trece de pe o priză pe alta, rezistenţe sau reactanţe.

Folosirea rezistenţelor duce la complicaţii mecanice, necesitate de comutarea foarte rapidă, fără de care rezistenţele ar trebui să fie prea mari în ceea ce priveşte puterea. Reactanţele constituite dintr-un miez magnetic şi un bobinaj duc la creşterea preţului de cost, la mărirea pierderilor, a greutăţii şi a gabaritului echipamentului electric. Conform invenţiei se folosesc reactanţe constituite din două bobine în paralel, 1 şi 2 (fig. 1), ale transformatorului, bobinaje care sînt străbătute numai de jumătate din fluxul magnetic al coloanei transformatorului pe care se găseşte bobinajul principal 3 (fig. 2).

Bobinele 1 şi 2 se pot realiza fiecare pe cîte o jumătate de miez, fie montîndu-se pe cele două coloane laterale ale unui miez în manta (în cazul transformatoarelor monofazate) (fig. 3), fie împărţind coloana în două porţiuni printr-o deschidere (în cazul transformatoarelor trifazate), ca în figura 2.

În cazul în care contactele a şi b (fig. 1) sînt situate pe două prize diferite, apare un curent de circulaţie prin bobinele 1 şi 2, iar ca urmare se produce o disimetrie a fluxului în cele două jumătăţi de miez. Această disimetrie face să apară între capetele a şi b o forţă electromotoare opusă trecerii curentului, care contribuie astfel la limitarea acestuia la o valoare convenabilă.

Conform invenţiei, de la bobinele 1 şi 2 se pot scoate prize (fig. 4), cu ajutorul cărora se poate face, folosind în al doilea comutator, un reglaj fin la care o treaptă să corespundă cu jumătate din forţa electromotoare a unei spire normale a transformatorului. În felul acesta se poate obţine un reglaj mare, cu ajutorul deplasării contactelor a şi b pe un comutator peste care se suprapune un reglaj fin, obţinut prin subîmpărţirea treptelor mari, printr-un al doilea comutator. La scurtcircuitarea a două prize ale reglajului fin, curentul este limitat prin deplasarea fluxului de pe partea de miez, pe care se găseşte secţiunea de bobine în scurtcircuit, pe cealaltă parte a miezului.

Avantajele aplicării invenţiei constau în aceea că se realizează un reglaj sub sarcină, în principiu cu reactor, la care se păstrează deci avantajele acestuia şi rezultă, în acelaşi timp, şi un preţ de cost redus, prin aceea că nu este necesar un miez magnetic special, iar bobinele fac parte din însuşi bobinajul transformator. De asemenea, rezultă pierderi reduse, o greutate şi un volum redus. Folosind şi reglajul fin, se poate obţine un număr mare de trepte, cu un număr relativ mic de contacte şi legături.

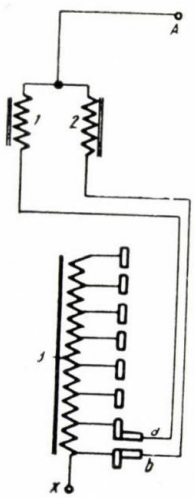


Fig. 1

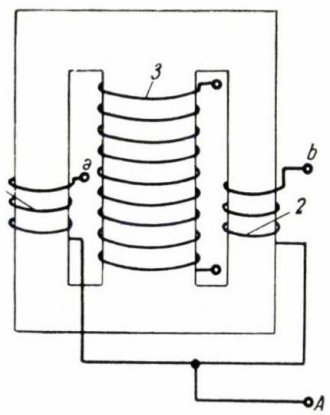


Fig. 3.

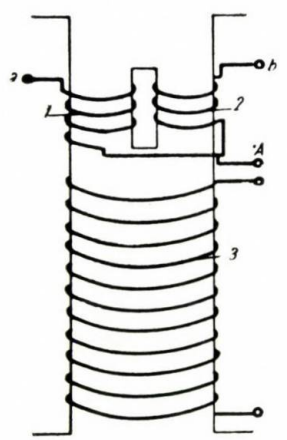


Fig. 2

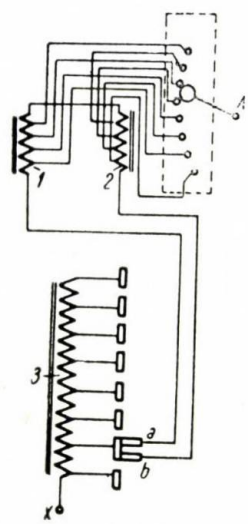


Fig. 4

Expoziția — 15 ani de activitate a industriei electrotehnice

CZ 061.4:621.312(498) „1948/63"

Cu prilejul împlinirii a 15 ani de activitate a industriei electrotehnice din țara noastră, a fost organizată o expoziție în care s-au prezentat o serie de exponate care ilustrează nivelul tehnic atins de această ramură a industriei noastre. Selecționarea cu grijă a exponatelor, în vederea redări celor mai specifice și mai noi realizări, precum și nivelul calitativ al produselor expuse care corespund exigențelor tehnicii moderne, a făcut ca expoziția să se prezinte la un nivel superior. A impresionat plăcut și modul în care s-au prezentat produsele, din punctul de vedere al finisajului, la care se remarcă o îmbunătățire permanentă.

În concluzia caracterizării generale se poate spune că măiestria artistică a reușit să împletească frumosul cu elementul tehnic și să creeze un tot unitar atrăgător și mai ales foarte interesant.

Expoziția a prezentat o îmbinare armonioasă de grafice, exponate, fotomontaje și machete, din ansamblul cărora s-au desprins începuturile, realizările și perspectivele acestei ramuri industriale.

Prin forme simple și sugestive, pline de conținut, s-a indicat locul pe care industria electrotehnică îl deține în cadrul economiei naționale, contribuția acestei ramuri la promovarea tehnicii celei mai avansate în țară și modul cum răspunde sarcinilor trasate de Congresul al III-lea al P.M.R.

În această privință au fost semnificative datele din graficul privind situația unor indicatori de ansamblu, din care s-a desprins că producția realizată în anul 1963 a fost de 3,2 ori mai mare decît aceea din anul 1959, și că la multe produse s-au înregistrat creșteri însemnate față de aceeași perioadă, ca de exemplu : la motoare de 2,4 ori, la transformatoare de 2,9 ori, la cabluri și conductori de 3,1 ori. Anul 1963 a dus și realizarea celei de-a o suta locomotivă Diesel electrică cu echipament fabricat în țară.

Fiecare grafic, fiecare fotomontaj, machetă sau exponat au oglindit în mod sugestiv sarcinile trasate de Congresul al III-lea al P.M.R. acestei ramuri industriale, și felul în care ele sînt aduse la îndeplinire.

Au fost prezentate o serie de produse, prin care industria electrotehnică și-a adus contribuția la electrificarea țării. Dintre acestea au reținut atenția: transformatoarele, electromotoarele asincrone și sincrone trifazate, aparatajul electric de joasă și înaltă tensiune, autotransformatoarele de pornire pentru electromotoare, stațiile de comandă automată pentru pornirea și reglajul motoarelor.

Pentru a putea răspunde variatelor cereri și exigențe beneficiarilor, industria electrotehnică a trebuit să se dezvolte rapid, să-și consolideze producția prin dotarea cu mijloace tehnice noi, prin construirea de noi unități, prin dezvoltarea celor vechi, prin aducerea de modele și licențe, într-un cuvînt, prin introducerea tehnicii celei mai avansate.

Dezvoltarea acestei ramuri și creșterea numărului de uzine au fost deosebit de sugestiv redate de harta răspîndirii uzinelor electrotehnice pe întinsul țării, care, prin puncte luminoase, diferit colorate, au marcat progresul de la an la an al acestora, dînd totodată și o imagine de ansamblu.

Acțiunea de automatizare și dotare a întreprinderilor cu aparatajul electric corespunzător a fost evidențiată în cadrul expoziției, prin prezentarea utilajelor cu care au fost înzestrate o serie de obiective importante, ca de exemplu : noul furnal de 1 000 m^3 de la Hunedoara, cîmpurile de sonde, noile linii tehnologice pentru industria alimentară. De asemenea, a fost prezentat echipamentul electric pentru producția de autocamioane și tractoare și pentru locomotiva Diesel electrică de 2 100 CP. Au provocat un interes deosebit sistemele tranzistorizate de curenți, folosite în telecomunicații.

Imaginea dezvoltării uzinelor a fost redată clar de machetele reprezentînd dezvoltarea în perspectivă a uzinelor. În această privință sînt demne de menționat machetele uzinelor „Electrofar", „Electro-Banat", „Electronica" și „Electroputere".

În standurile expoziției s-au putut admira cele mai noi produse, asimilate în ultimii ani, ceea ce reflectă preocuparea permanentă pentru fabricarea de produse care să țină pasul cu tehnica cea mai avansată. Iată numai cîteva dintre acestea : locomotiva Diesel electrică, transformatoarele de puteri de 31,5 MVA pentru export, aparatajul de înaltă tensiune, electromotoarele trifazate de puteri mari, grupurile de sudură electrogenă etc.

Și standurile s-au întrecut în prezentare : produse variate, frumos executate și bine finisate au constituit expresia unui bogat program de fabricație.

Standurile cu bunurile de consum au ocupat în expoziție un loc corespunzător cu varietatea acestor produse. Au atras atenția gama largă a sortimentelor și permanenta înnoire a acestora, caracteristici ce se desprind după ce sînt trecute în revistă diversele tipuri de aparate de radiorecepție, de mărimi, forme și calități deosebite, începînd de la aparatele portative cu tranzistoare pînă la combina muzicală, televizoare, lustre, întreruptoare, fiare de călcat, aparataj electric de uz casnic etc.

Considerăm că expoziția a reușit să prezinte bilanțul rodnic al dezvoltării acestei ramuri, arătînd drumul parcurs de industria electrotehnică, realizările mai de seamă obținute și perspectiva acestei industrii.

D. Stoica

COMITETUL DE REDACȚIE

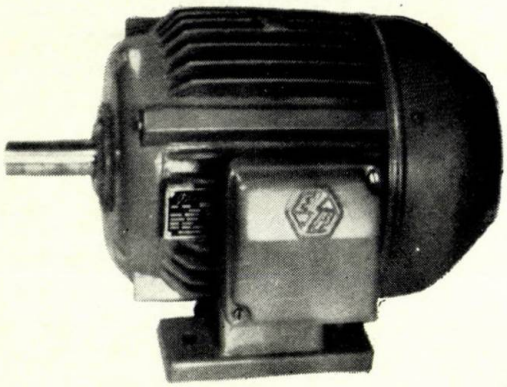
Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU ; prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, membru coresp. al Acad. R. P. R. ; Acad. dr. ing. A. AVRAMESCU — redactor responsabil ; ing. V. BUNEA ; ing. V. CIOFU ; prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU ; ing. AL. GRECEANU ; ing. ȘT. GROSU ; conf. ing. G. HORTOPAN — redactor responsabil adjunct ; conf. ing. G. LAZARIDE ; ing. A. POPA ; prof. ing. CRISTINA POPESCU ; ing. VL. POPOVICI ; Acad. prof. dr. ing. R. RĂDULEȚ ; ing. ST. ȚIGANETEA ; ing. R. VLĂDOIANU.

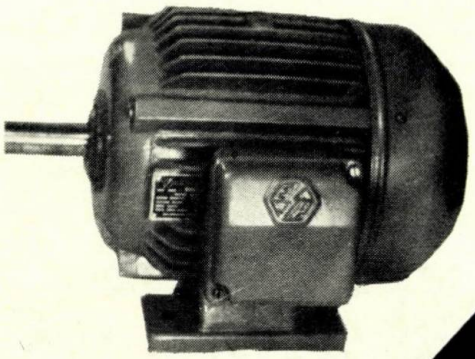
Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Ministerului Industriei Construcțiilor de Mașini și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. — Redacția și administrația, București, str. Ion Ghica nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu. Telefon : 13.84.16. Revista este editată de M.I.C.M. Abonamentele se primesc la Administrația revistei. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament : publicațiile tehnice MICM — cont 026002 B.R.P.R. — Filiala 30 Decembrie, București. Tarif pentru întreprinderi : lei 100 anual ; tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri ; lei 30 anual. Costul unui exemplar lei 10. Tiparul : Întreprinderea „Informația", str. Brezoianu nr. 23—25, București, c. 96[illegible].

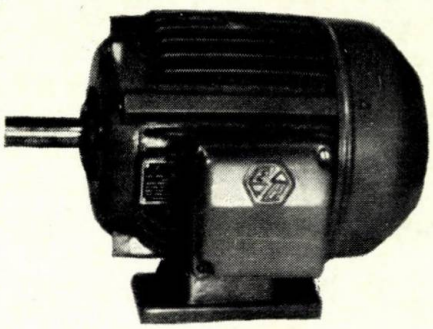
41 400

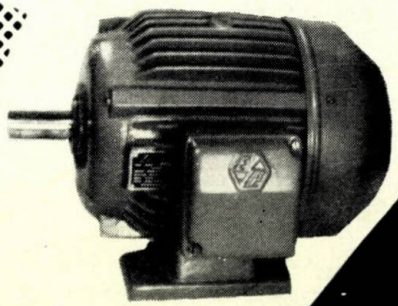
UZINA
ELECTROPRECIZIA

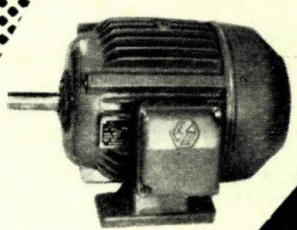
SĂCELE - REGIUNEA BRAȘOV











Produce un bogat sortiment de motoare electrice asincrone trifazate cu rotor în scurtcircuit, pentru puteri de la 0,6 la 13 kW și cu turații de la 750 la 3 000 rot/min, precum și echipament electric pentru tractoare și mașini auto

CUPRINS

CZ 621.312(498)

Editorial : **15 ani de industrie electrotehnică.**

Electrotehnica 12 (1964), nr. 1—2, p. 1—2

CZ 621.312(498)

Ghiță, N. : **Industria electrotehnică din R.P.R., creație a regimului de democrație populară.**

Electrotehnica 12 (1964), nr. 1—2, p. 3—6

Se arată liniile de dezvoltare a industriei electrotehnice romînești. Sub îndrumarea P.M.R., producția industriei electrotehnice a crescut într-un ritm anual rapid (15%) înregistrîndu-se deosebite succese în calitatea produselor, în ridicarea productivității muncii și în scăderea prețului de cost.

CZ 621.312.002.6(498)

Vlădoianu, R. : **Ridicarea nivelului tehnic și calitativ al producției electrotehnice.**

Electrotehnica 12 (1964), nr. 1—2, p. 7—14

Se arată unele metode aplicate în industria electrotehnică pentru îndeplinirea sarcinlor de partid și de stat în cei 15 ani de existență, cum și principalele realizări la categoriile mai importante de produse electrotehnice. Se indică, de asemenea, căile de orientare a activității sectorului electrotehnic pentru îndeplinirea sarcinilor ce îi revin în lumina planului de dezvoltare a economiei naționale, pentru asigurarea unui nivel tehnic și calitativ cît mai ridicat al producției electrotehnice.

CZ 608:621.312.001.5(498)

Avramescu, A : **Activitatea de cercetare, factor important în ridicarea nivelului tehnic al industriei electrotehnice.**

Electrotehnica 12 (1964), nr. 1—2, p. 15—26

Se prezintă evolutiv și cu exemple concrete activitatea de cercetare a colectivelor din întreprinderile și institutele cu caracter electrotehnic, începînd cu inovațiile și invențiile, continuînd cu activitatea din laboratoarele și birourile de construcții uzinale, și, în sfîrșit, cu cea din institutul de cercetări ICPE. Se evidențiază rezultatele deosebit de favorabile obținute prin colaborare între colectivele mixte, colaborare între secții, între institute și întreprinderi productive.

CZ 621.312:621.313/16 UEPC

Popovici, V. și Heinrich, Al. : **Realizări tehnice deosebite la uzina „Electroputere" — Craiova.**

Electrotehnica 12 (1964), nr. 1—2, p. 27—38

Se prezintă realizările cele mai importante ale uzinelor „Electroputere" în cele patru sectoare principale de activitate : mașini electrice rotative, locomotive Diesel electrice, transformatoare și aparataj de înaltă tensiune. Se evidențiază soluțiile tehnice și tehnologice originale aplicate în producție și efectul lor tehnico-economic.

CZ 621.312:621.396.002.2 UE

Lăzăroiu, D. : **Introducerea proceselor tehnologice moderne la uzinele „Electronica" — București.**

Electrotehnica 12 (1964), nr. 1—2, p. 39—46

Se arată evoluția uzinelor „Electronica" și a caracteristicilor produselor sale de la naționalizare pînă în prezent, precum și evoluția tehnologiei de fabricație și de control a acestor produse.

CZ 621.312:621.313(498) UMEB

Segal, S., Bunea, V. și Berberian, Al. : **Progresul tehnic la Uzina de mașini electrice — București.**

Electrotehnica 12 (1964), nr. 1—2, p. 47—53

Se arată cum au evoluat în ultimul timp calitățile și performanțele mașinilor electrice la Uzina de mașini electrice — București. Se examinează, de asemenea, și efectul tehnico-economic, reducerile de greutate și de gabarit obținute. Se concretizează efectele acestei evoluții obținute pe cîteva serii unitare de motoare electrice în gabarite CEI, precum și pe alte categorii de mașini electrice, arătîndu-se creșterea randamentului, factorului de putere, reducerea în greutate etc. Se arată și unele aspecte ale introducerii tehnicii noi în procesul de fabricație.

CZ 621.315.6.001.6

Nicolae, M. și Nedescu, A. : **Noi materiale electroizolante produse în R.P.R.**

Electrotehnica 12 (1964), nr. 1—2, p. 54—58

Se artă necesarul de materiale electroizolante și se prezintă căile de realizare a acestora la noi în țară. Rezultatele obținute arată că s-au realizat, în producție curentă, produse la un nivel tehnic corespunzător și că există o perspectivă încurajatoare pentru dezvoltarea producției de materiale electroizolante în viitor.

CZ 621.313.333.002.2:621.312(498)

Lefter, V. și Liuba, V. : **Seria nouă unitară de motoare asincrone de 0,8—100 kW.**

Electrotehnica 12 (1964), nr. 1—2, p. 59—66

Seria nouă unitară de motoare asincrone trifazate, cu puteri cuprinse între 0,8 și 100 kW, a fost realizată la nivelul recomandărilor CEI și C.A.E.R. privind dimensiunile de montaj și seria de puteri. La asimilarea seriei s-a utilizat o metodă unitară de calcul. Au fost folosite soluții constructive și tehnologice moderne în toate întreprinderile care au conlucrat la elaborarea seriei. Seria nouă unitară de motoare asincrone trifazate este realizată la nivelul tehnicii mondiale și cu indici tehnico-economici ridicați.

NOI PRODUSE ELECTROTEHNICE, 67—71

— **Seria unitară de amplificatoare magnetice de putere.**
— **Echipament electric pentru electrofiltre.**
— **Motoare asincrone cu două turații.**

NOTĂ, 72
RECENZII, 73—75
REFERATE, 76
INVENȚII, 77—79
CRONICĂ, 80

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.312 (498)

15-летие электротехнической промышленности.

Electrotehnica 12 (1964), № 1–2, стр. 1–2

ДК 621.312 (498)

Гицэ, Н.: **Румынская электротехническая промышленность, одно из достижений народно-демократического строя.**

Electrotehnica 12 (1964), № 1–2, стр. 3–6

Рассматриваются пути развития румынской электротехнической промышленности. Под руководством РРП, количество установок и продукция электротехнической промышленности возрастают быстрыми темпами (15 % ежегодно), причем особые достижения отмечаются в отношении качества продукции, повышения производительности труда и снижения себестоимости.

ДК 621.312.6 (498)

Влэдояну, Р.: **Повышение технического и качественного уровня электротехнической продукции.**

Electrotehnica 12 (1964), № 1–2, стр. 7–14

Приводится ряд методов, внедренных в электротехническую промышленность в целях выполнения партийных государственных заданий за истекшее 15-летие, а также отмечаются основные достижения по наиболее важным группам электротехнических изделий. Указываются основные направления деятельности электротехнического сектора в связи с выполнением заданий соответствующих планов развития народного хозяйства, в целях обеспечения наиболее высокого качественного и технического уровня электротехнической продукции.

ДК 608 : 621.312.001.5 (498)

Аврамеску, А.: **Исследовательская деятельность — важныуй фактор в деле повышения технического уровня электротехнической промышленности.**

Electrotehnica 12 (1964), № 1–2, стр. 15–26

Дается описание с приведением конкретных примеров исследовательской деятельности коллективов предприятий и институтов электротехнического профиля. При этом рассматриваются новаторские предложения и изобретения, деятельность лабораторий и заводских конструкторских бюро, а также работы, проводимые Электротехническим научно-исследовательским институтом. Отмечается ряд весьма положительных результатов, полученных в связи с сотрудничеством между коллективами, цехами, институтами и производственными предприятиями.

ДК 621.312 : 621.313/16 UEPC

Попович, В. и *Гейнрих, А.*: **Важнейшие технические достижения Крайовского завода „Электропутере".**

Electrotehnica 12 (1964), №. 1–2, стр. 27–38

Освещаются наиболее важные достижения четырех основных секторов завода „Электропутере" : ротационные электрические машины, дизель-электровозы, трансформаторы и высоковольтная аппаратура. Отмечаются оригинальные технические и технологические решения, примененные на производстве, а также рассматривается их технико-экономический эффект.

ДК 621.312 : 621.39.002.2 UE

Лэзэрою, Д. : **Внедрение новейших технологических процессов на заводе "Электроника".**

Electrotehnica 12 (1964), №. 1–2, стр. 39–46

Показаны пути, по которым развивался завод „Электроника", а также расширение ассортимента выпускаемых изделий, от национализации до настоящего времени. Рассматривается развитие производственной технологии и контроля соответствующей продукции.

ДК 621.312 : 621.313 (498) UMEB

Сегал С., Буня В. и *Берберян, А.* : **Технический прогресс на Бухарестском электромашинном заводе.**

Electrotehnica 12 (1964), №. 1–2, стр. 47–53

Рассматривается изменение за последнее время качества и параметров электрических машин, выпускаемых Бухарестским электромашинным заводом. Далее освещается технико-экономический эффект, снижение веса и габаритов. Для иллюстрирования эффектов этого развития приводится ряд единых серий электродвигателей по габаритам CEI, а также по другим категориям электрических машин, причем отмечается повышение к.п.д., коэффициента мощности, снижение веса и др.

Вместе с тем подчеркивается ряд аспектов внедрения новейшей техники в производственный процесс.

ДК 621.315.6.001.6

Николае, М. и *Недеску, А.* : **Новые электроизоляционные материалы, выпускаемые в РНР.**

Electrotehnica 12 (1964), №. 1–2, стр. 54–58

Указывается потребное количество электроизоляционных материалов и проводятся возможности их производства в стране. Полученные результаты показали, что в рамках обычного производства были получены изделия соответствующего технического уровня, причем отмечаются благоприятные перспективы дальнейшего развития — производства электроизоляционных материалов.

ДК 621.313.333.002.2:621.312 (498)

Лефтер, В. и *Люба, В.* **Новая единая серия асинхронных двигателей на 0,8—100 кв.**

Electrotehnica 12 (1961) №. 1–2, стр. 59–66

Новая единая серия трехфазных асинхронных двигателей, мощностью в пределах от 0,8 до 100 кв, была выпущена на уровне рекомендации CEI и СЭВ по монтажным габаритам и серии мощностей. При освоении серии использовался единый метод расчета. Для этой цели были применены новейшие конструктивные и технологические решения на всех предприятиях, сотрудничавших по разработке серии.

Новая единая серия трехфазных асинфронных двигателей выпускается на уровне мировой техники и характеризуется высокими технико-экономическими показателями.

НОВЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ, 67–71

— **Единая серия магнитных усилителей мощности.**
— **Электрическое оборудование для электрофильтров.**
— **Асинхронные двигатели с двумя скоростями вращения.**

ЗАМЕТКИ, 72
РЕЦЕНЗИИ, 73–75
РЕФЕРАТЫ, 76
ИЗОБРЕТАТЕЛЬСТВО, 77–79
ХРОНИКА, 80

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.312(498)

15 Jahre Elektrotechnische Industrie.

Electrotehnica 12 (1964), H. 1–2, S. 1–2

DK 621.312(498)

Ghiță, N.: **Die elektrotechnische Industrie in R.V.R. die Schöpfung des volksdemokratischen Regims.**

Electrotehnica 12 (1964), H. 1–2, S. 3–6

Es werden die Entwicklungszüge der rumänischen elektrotechnischen Industrie gezeigt. Unter der Führung der rumänischen Arbeiterpartei die Zahl der elektrischen Anlagen und die Leistungen der elektrotechnischen Industrie nehmen zu in einem jährlich sehr schnellen Tempo (13%), wobei besondere Erfolge in der Qualität der Erzeugnissen, Zunahme der Arbeitsproduktivität und Abnahme des Herstellungspreises zu verzeichnen sind.

DK 621.312.002.6(498)

Vlădoianu, R.: **Zunahme des technischen und qualitativen Niveaus der elektrotechnischen Erzeugung.**

Electrotehnica 12 (1964), H. 1–2, S. 7–14

Es werden einige, in der elektrotechnischen Industrie, angewendete Methoden bezüglich der Erfüllung der in den verflossenen 15 Jahren, vom Staat und Partei auferlegten Lasten, so wie die hauptsächlichsten Verwirklichungen in den wichtigsten Fächern der elektrotechnischen Erzeugung dargelegt. Es wird auf die Orientierung der Tätigkeit auf dem elektrotechnischen Gebiet hingewiesen, damit im Lichte des Entwicklungsplanes der Nationalwirtschaft die auferlegten Lasten zur Sicherstellung eines qualitativen und technischen hohen Niveaus der elektrotechnischen Produktion hinführen.

DK 608:621.312.001.5(498)

Avramescu, A.: **Die Untesuchungstätigkeit wichtiger Faktor die Erhöhung des technischen Niveaus der elektrotechnischen Industrie betreffend.**

Electrotehnica 12 (1964), H. 1–2, S. 15–26

Es wird entwicklungsgemäss und mit konkreten Beispielen die Untersuchungtätigkeit der in den Betrieben und in den elektrotechnischen Instituten beschäftigten Kollektiven, zuerst bezüglich der Neuerungen und Erfindungen, fortgesetzt mit der Tätigkeit in Laboratorien und in dem Konstruktionsbureau der Fabriken, und zum Schluss mit Beziehung auf die Tätigkeit im Versuchsinstitut ICPE, dargelegt.
Es werden die besonders günstigen Ergebnisse die aus der Mitwirkung der gemischten Kollektiven, der verschiedenen Abteilungen und zwischen den Instituten und den produktiven Betrieben entstanden sind, hervorgehoben.

DK 621.312:621.313/16 UEPC

Popovici, V. und Heinrich, Al.: **Besondere technische Erzeugnisse in dem Electroputere Werk Craiova.**

Electrotehnica 12 (1964), H. 1–2, S. 27–38

Es werden die wichtigsten Erzeugnisse des Elektroputere Werkes Craiova in den vier Hauptabteilungen: Elektrische rotiernde Maschinen, Dieselelektrische Lokomotiven, Transformatoren und Hochspannungsschaltaparate dargelegt.
Es werden die originellen technischen und technologischen Lösungen hervorgehoben die in der Herstellung angewendet worden sind und deren technisch-wirtschaftliche Folgerungen.

DK 621.312:621.396.002.2 UE

Lăzăroiu, D.: **Die Einführung der modernen Herstellungstechnik bei dem Electronica-Werk.**

Electrotehnica 12 (1964), H. 1–2, S. 39–46

Es wird die Entwicklung des Electronica-Werkes und die Eigenschaften der Erzeugung seit der Nationalisierung bis zur Gegenwart, sowie die Entwicklung der Herstellungs- und Kontrolltechnik der Erzeugung gezeigt.

DK 621.312:621.313(498) UMEB

Segal, S., Bunea, V. und Berberian, Al: **Der technische Fortschritt in der Fabrik für Elektrische Maschinen Bucureşti.**

Electrotehnica 12 (1964), H. 1–2, S. 47–53

Es wird gezeigt wie in der letzten Zeit die Qualität und das Verhalten der von der „Fabrica de Maşini Electrice Bucureşti" hergestellten elektrische Maschinen sich entwickelt hat. Es wird auch die daraus entstandene technisch wirtschaftliche Wirkung, die erhaltenen Gewicht-und Abmessungs-herabsetzungen auseinandergesetzt. Es werden die Wirkungen dieser Entwicklung auf einigen einheitlichen Motorenserien in CEI-Abmessungen veranschaulicht, so wie auf anderen Kategorien von elektrischen Maschinen, mit Hinweis auf Wirkungsgrad- und Leistungsfaktor-zunahme bei gleichzeitiger Gewichtsabnahme. Es werden auch einige Betrachtungen in Bezug auf die Einführung der neuen Technik in die Herstellungsmethoden vorgeführt.

DK 621.315.6.001.6

Nicolae, M. und Nedescu, A.: **Neue elektroisolierende Materialien die in R.V.R. erzeugt werden.**

Electrotehnica 12 (1964), H. 1–2, S. 51–58

Es wird über das erforderliche Quantum von Isoliermaterialien berichtet und die Erzeugungsmöglichkeiten dieser Materialien in unserem Lande, vorgelegt. Die bisherigen Ergebnisse bestättigen dass Isolierstoffe von einem zweckentsprechenden technischen Niveau in laufender Herstellung erhalten werden, und dass eine ermunternde Voraussicht für die zukünftige Entwicklung der Isoliermaterialproduktion besteht.

DK 621.313.333.002.2:621.312.(498)

Lefter, V. und Liuba, V.: **Die neue einheitliche Serie von Asynchrondrehstrommotoren.**

Electrotehnica 12 (1964), H. 1–2, S. 59–66

Die neue einheitliche Serie von Asynchrondrehstrommotoren für Leistungen zwischen 0,8 und 100 kW ist gemäss Empfehlungen von CEI und CAEB was Montageabmessungen ambelangt, verwirklicht worden. Beim Assimilieren der Serien wurde eine einheitliche Berechnungsmethode verwendet. Sämtliche Betriebe die an dem Zustandebringen der Serie mitgewirkt, haben moderne Konstruktions- und Herstellungs-methoden verwendet.
Die neuentwickelte einheitliche Asynchrondrehstrommotorenserie ist vom Niveau der modernen Welttechnik und mit hohen technisch-wirtschaftlichen Kennziffern gekennzeichnet.

NEUE ELEKTROTECHNISCHE ERZEUGNISSE, 67–71

— **Die einheitliche Serie von magnetischen Leistungsverstärken.**
— **Elektrische Ausrüstungen für Elektrofilter.**
— **Drehstromasynchronmotoren mit zwei Drehzahlen.**

NOTE, 72
BUCHBESPRECHUNGEN, 73–75
REFERATE, 76
ERFINDUNGEN, 77–79
CHRONIK, 80

SOMMAIRE

CD 621 312(498)

Quinze ans d'industrie électrotechnique.

Electrotehnica 12 (1964), nos. 1—2, p. 1—2

CD 621.312(498)

Ghiță, N.: **L'industrie électrotechnique roumaine, création du régime de démocratie populaire.**

Electrotehnica 12 (1964), nos. 1—2, p. 3—6

On indique les voies du développement de l'industrie électrotechnique roumaine. Sous la conduite du Parti Ouvrier Roumain, le nombre des installations et la production de l'industrie électrotechnique augmentent chaque année rapidement (augmentation de 13%) ; des succès remarquables sont enregistrés en ce qui concerne la qualité des produits, l'accroissement de la productivité du travail et la diminution du prix de revient.

CD 621.312.002.6(498)

Vlădoianu, R.: **Élévation du niveau technique et qualitatif de la production électrotechnique.**

Electrotehnica 12 (1964), nos. 1—2, p. 7—14

On expose certaines méthodes, appliquées dans l'industrie électrotechnique, pendant ses quinze ans d'existence, pour réaliser la politique économique tracée par le parti et par l'état, ainsi que les principales réalisations dans la fabrication des plus importants produits électrotechniques. On précise l'orientation de l'activité dans le domaine de l'électrotechnique, activité qui a pour but l'accomplissement des obligations assumées par le plan du développement de l'économie nationale, afin d'assurer un niveu technique et qualitatif élevé de la production électrotechnique.

CD 608:621.312.001.5(498)

Avramescu, A.: **L'activité de recherche, facteur important de l'élévation du niveau technique dans l'industrie électrotechnique.**

Electrotehnica 12 (1964), nos. 1—2, p. 15—26

On présente, en citant des exemples concrets, l'évolution de l'activité de recherche dans les entreprises et dans les instituts à profil électrotechnique. L'auteur traite d'abord des innovations et des inventions, passe ensuite à l'activité des laboratoires et des bureaux de constructions d'usine et termine avec celle de l'institut roumain de recherches ICPE. On met en évidence les résultats remarquables obtenus par la collaboration des groupes mixtes de travail, des sections, des instituts et des entreprises productives.

CD 621.312:621.313/16 UEPC

Popovici, V. et Heinrich, Al.: **Réalisations techniques notables aux usines „Electroputere" de Craiova.**

Electrotehnica 12 (1964), nos. 1—2, p. 27—38

On décrit les plus importantes réalisations des usines „Electroputere", dans les quatre principaux secteurs d'activité : machines électriques rotatives, locomotives électriques Diesel, transformateurs et appareillage de haute tension. On insiste sur les solutions techniques et technologiques originales appliquées dans la production et sur leur effet technique et économique.

CD 621.312:621.396.002.2 UE

Lăzăroiu, D.: **L'introduction des processus technologiques modernes dans les usines „Electronica".**

Electrotehnica 12 (1964), nos. 1—2, p. 39—46

L'auteur présente l'évolution des usines „Electronica" et des caractéristiques de leurs produits depuis la nationalisation de l'industrie et jusqu'à présent, ainsi que l'évolution de la technologie de fabrication et de contrôle de ces produits.

CD 621.312:621.313(498) UMEB

Segal, S., Bunea, V. et Berberian, Al.: **Le progrès technique à l'Usine de machines électriques de Bucarest.**

Electrotehnica 12 (1964), nos. 1—2, p. 47—53

On montre comment les qualités et les performances des machines électriques construites par l'Usine de machines électriques de Bucarest on évolué. De même, on examine l'effet technique et économique, les réductions de poids et de gabarit obtenues. On cite des exemples concernant les effets de cette évolution sur des séries unitaires de moteurs électriques de gabarits CEI, ainsi que sur d'autres catégories de machines électriques, et on appuie sur l'augmentation du rendement et du facteur de puissance, sur la réduction du poids, etc. On présente aussi quelques aspects de l'introduction de la technique moderne dans le processus de fabrication.

CD 621.315.6.001.6

Nicolae, M. et Nedescu, A.: **Nouveaux matériels isolants électriques produits en Roumanie.**

Electrotehnica 12 (1964), nos. 1—2, p. 54—58

Les auteurs étudient le nécessaire de matériel isolant électrique et indiquent les moyens par lesquels on peut l'obtenir en Roumanie. Les résultats prouvent que l'on est parvenu à réaliser des produits satisfaisants et qu'il existe des perspectives encourageantes pour le développement futur de la production de ce matériel.

CD 621.313.333.002.2:621.312(498)

Lefter, V. et Liuba, V.: **La nouvelle série unitaire de moteurs asynchrones de 0,8—100 kW.**

Electrotehnica 12 (1964), nos. 1—2, p. 59—66

La nouvelle série unitaire de moteurs asynchrones triphasés, de 0,8—100 kW, a été réalisée conformément aux recommandations CEI et C.A.E.R. relatives aux dimensions du montage et à la série des puissances. Pour l'assimilation de la série on a utilisé une méthode unitaire de calcul. Des solutions constructives et technologiques modernes ont été adoptées par toutes les entreprises qui ont coopéré á l'élaboration de la série. Elle a été executée au niveau de la technique mondiale et avec des indices techniques et économiques élevés.

NOUVEAUX PRODUITS ÉLECTROTECHNIQUES, 67—71

- **La série unitaire d'amplificateurs magnétiques de puissance.**
- **Équipement électrique pour filtre électrique.**
- **Moteurs asynchrones à deux rotations.**

NOTE, 72
COMPTES RENDUS, 73—75
EXTRAITS, 76
INVENTIONS, 77—79
CHRONIQUE, 80

CONTENTS

DC 621.312(498)

15 years of electrotechnical industry.

Electrotehnica 12 (1964), nr. 1—2, p. 1—2

DC 621.312(498)

Ghiță, N.: **The electrotechnical industry of the R.P.R. — a creation of the people's democracy.**

Electrotehnica 12 (1964), nr. 1—2, p. 3—6

The author points the developmental lines of the rumanian electrotechnical industry. Under the guidance of the Rumanian Workers Party, the number of installations as well as the production of the electrotechnical industry are increasing at a rapid annual rate (13%). Outstanding successes are being obtained in improving the quality of products, raising the labour productivity and cutting down the cost price.

DC 621.312.6(498)

Vlădoianu, R.: **Raising the technical and qualitative level of electrotechnical products.**

Electrotehnica 12 (1964), nr. 1—2, p. 7—14

One describes some of the methods applied by the electrotechnical industry to fulfill the tasks assigned by the party and the state during its 15 years of existence. After showing the main achievements of this industry by principal categories of electrotechnical products, one indicates the ways to be followed by the electrotechnical sector in fulfilling the tasks assigned within the framework of the development plan of national economy and reaching the highest possible technical and qualitative level for the electrotechnical production.

DC 608:621.312.001.5(498)

Avramescu, A.: **The research activity as an important factor in raising the technical level of the electrotechnical industry.**

Electrotehnica 12 (1964), nr. 1—2, p. 15—26

Some concrete examples are given to illustrate the research activity developed by different workteams in the enterprises and institutes of electrotechnical character, including the inventions and innovations, the activity of works' construction laboratoires and offices and, finally, the activity of the I.C.P.E. (Institute for electrotechnical research and designing). One stresses the particulary favourable results obtained by an adequate cooperation between mixed workteams, sections, research institutes and productive enterprises.

DC 621.312:621.313/16 UEPC

Popovici, V. and Heinrich, Al.: **Outstanding technical achievements at the „Electroputere" Works in Craiova.**

Electrotehnica 12, (1964), nr. 1—2, p. 27—38

The paper presents the most important achievements of the „Electroputere" Works in its four main sectors of activity: rotary electric machines, Diesel electric locomotives, transformers and high-tension equipment. Stress is laid on the original technical and technological solutions adopted in production and their technical and economic effect.

DC.621.312:621.396.002.2 UE

Lăzăroiu, D.: **The introduction of modern technological processes at the „Electronica" Works.**

Electrotehnica 12 (1964), nr. 1—2, p. 39—46

One describes the development of the „Electronica" Works and the characteristics of its products from the nationalisation to date as well as the evolution of the manufacturing and control technology of these products.

DC 621.312:621.313(498) UMEB

Segal, C., Bunea, V. and Berberian, Al: **Technical progress at the Electric Machine Works in Bucharest. Bucharest.**

Electrotehnica 12 (1964), nr. 1—2, p. 47—53

Some information is given concerning the evolution in recent years of the qualities and performances of electric machines produced by the Electric Machine Works in Bucharest. The technical and economic effects of this evolution as well as the ensuing reduction in weight and size are also discussed. The effects have been analysed on several unitary series of electric motors in I.E.C. size and on other categories of electric machines emphasizing the increased efficiency of the power factor, weight reduction obtained, etc. Some aspects concerning the introduction of modern technics in the manufacturing process are also discussed.

DC 621.315.6.001.6

Nicolae, M. and Nedescu, A.: **New electroinsulating materials produced in the R.P.R.**

Electrotehnica 12 (1964), nr. 1—2, p. 54—58

The electroinsulating material requirements and the way of meeting them in our country are discussed by the author. It is concluded from the results obtained that products of a good technical value have been obtained in the current production and that promising prospects exist for the future development of electroinsulating materials.

DC 621.313.333.002.2:621.312(498)

Lefter, V. and Liuba, V.: **The new unitary series of 0,8—100 kW-asynchronous motors.**

Electrotehnica 12 (1964), nr. 1—2, p. 59—66

The new unitary series of three-phase asynchronous motors of a power ranging from 0,8 to 100 kW has been achieved so as to meet the requirements of I.E.C. and R.E.A.C. in respect of connection sizes and power series. A unitary calculation method has been used for the assimilation of the series. Modern constructive and technological solutions have been applied in all of the enterprises which contributed to the elaboration of the series. This new unitary series of three-phase asynchronous motors meets the requirements of world technics being characterised by high technical and economic indexes.

NEW ELECTROTECHNICAL PRODUCTS, 67—71

— The unitary series of magnetic power amplifiers.
— Electric equipment for electrofilters.
— Asynchronous motors with two revolutions.

NOTE, 72
REVIEWS, 73—75
ABSTRACTS, 76
PATENTS, 77—79
CHRONICLE. 80

CZ 621.313 Mașini electrice

CZ 621.313.001.4:621.314.21.012

Castel, G. O. **Metode moderne de construcție și încercare a mașinilor electrice. I. Caracteristicile transformatoarelor.** In : Electrical J. 68, nr. 4, 26 ian 1962, p. 210—213, 7 fig.

CZ 621.313.3.002.2:621—52:621.762

Vinogradov, N. V. ș.a. **Mașini electrice cu stator asamblat, realizate prin procedee metaloceramice.** In : Izv. vîșș. ucebn. zavedenîi. Elektromehanika 4, nr. 12, 1961, p. 91—95, 4 fig., 1 tab., 4 ref. bibl.

CZ 621.313.333.043.3

Lominadze, G. V., Chkikvadze, U. I. **Particularitățile de calcul al electromotoarelor trifazate asincrone de frînă cu rotor conic** (Osohenosti rasceta trehfazníh tormozníh asincronníh elektrodvigatelei s konusnîm rotorom). In : Elektricestvo 82, nr. 3, mart 1962, p. 46—49, 2 fig.

CZ 621.13.333.045.57

Parts, R. R. **Forțe electromotoare aplicate la înfășurările rotorului mașinii asincrone cu întrefier mare** (Elektrodnijusie siti navedenîe v obmotke rotora asinkronoi mașini s bolșimi vozdusnîmi zazorami). In : Elektricestvo 82, nr. 3, mart 1962, p. 37—42, 2 fig., 3 tab., 2 ref. bibl.

CZ 621.313.333.064·681.142—52

Kovács, K. P. **Analiza proceselor tranzitorii ale motoarelor asincrone cu ajutorul mașinii de calculat analogice.** In : Elektrotechnika 55, nr. 1, ian 1962, p. 1—12, 10 fig., 1 tab., 7 ref. bibl.

CZ 621.313—712

Bobek, K. **Tipuri de construire a mașinilor electrice mari fără răcire prin circulația apei.** In : E.u.M. 78, 1 noiemb 1961, p. 627—634, 11 fig.

CZ 621.314.2 Transformatoare

CZ 621.314.12.017.7

Boduroglu, T. **Încălzirea transformatoarelor cu miezuri dispuse orizontal.** In : E.u.M. 78, 1 noiemb 1961, p. 634—638, 9 fig., 5 tab.

CZ 621.314.21.016.2

Kuteavin, M. D. **Alegerea economică a puterii transformatoarelor.** In : Izv. vîșș. ucebn. zavedenîi. Energhetika 5, nr. 1, ian 1962, p. 1—6, 3 tab., 1 ref. bibl.

CZ 621.314.222:621.3.027.8

Goldstein, A. **Transformatoarele în rețelele de foarte înaltă tensiune.** In : Elektrotechnika 48, nr. 11, noiemb 1961, p. 751—763, 30 fig., 2 tab., 19 ref. bibl.

CZ 621.314.222.048

Zvezdkin, V. I. ș.a. **Determinarea gradului de umiditate admisibil al izolației transformatoarelor.** In : Elektr. stanții 33, nr. 1, ian 1962, p. 51—54, 4 fig., 1 tab., 7 ref. bibl.

CZ 621.314.222.062.1:621.316.57

Barron, A. E. **Anclanșarea și declanșarea automată a transformatoarelor la funcționarea în paralel.** In : Prom. energhetika 17, nr. 2, febr 1962, p. 14—15, 2 fig.

CZ 621.314.222.6.001.4

Johnson, S. **Încercarea industrială a transformatoarelor de putere.** In : Electr. rev. 170, nr. 1, ian 1962, p. 3—7, 5 fig.

CZ 621.314.224

Penker, W. **Transformatoare speciale de curent pentru măsurat curenți de scurtcircuit intenși.** In : Mitt. Inst. Energ., nr. 39, 1962, p. 532—546, 22 fig., 3 tab., 16 ref. bibl.

CZ 621.314.224.017.71

Fischer-Fischer, I. **Despre stabilitatea termică a bobinajelor transformatoarelor de curent.** In : E.u.M. 79, nr. 4, 15 febr 1962, p. 73—78, 3 fig. 3 tab., 6 ref. bibl.

CZ 621.315.2 Cabluri

CZ 621.315.211.3

Gazzana-Priaroggia, P. ș.a. **Influența îmbătrînirii asupra caracteristicilor izolante ale cablului cu ulei.** In : Proc. instn. electr, engrs., part. A. 108, dec 1961, p. 467—479, 12 fig., 8 tab.

CZ 621.315.615.2

Hughes, F. **Tratarea uleiului de transformator la locul de funcționare a acestuia.** In : Electr. rev. 169, nr. 22, dec 1961, p. 869—872, 2 fig., 3 tab.

CZ 621.316.5 Aparataj. Întreruptoare. Separatoare

CZ 621.316.54

Arndt, K. **Disjunctoare cu ruperi multiple.** In : AEG — Mitt. 51, sept-oct 1961, p. 302—308, 9 fig., 1 tab.

CZ 621.316.54.027.3

Kriechbaum, K. **Disjunctoare de mare putere cu deplasare foarte rapidă de contacte.** In : AEG — Mitt. 51, sept-oct 1961, p. 281—293, 25 fig.

CZ 621.316.57.027.3.001.4

Slamecka, E. **Metodă pentru verificarea puterii de rupere a disjunctoarelor de înaltă tensiune.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ-A) 83, nr. 10, 7 mai 1962, p. 332—339, 10 fig., 1 tab., 10 ref. bibl.

CZ 621.316.55

Theiler, P. H. **Construcția și funcționarea contactoarelor.** In : Electrique 36, noiemb 1961, p. 321—330, 22 fig.

CZ 621.316.57:628.972

Kamikov, I. A **Întreruptor automat pentru iluminatul electric de interior.** In : Svetotehnika 8, nr. 1, ian 1962, p. 26—27, 2 fig., 1 tab.

CZ 621.316.933.1:537.523.3

Rabus, W. **Generator de zgomot cu eclator cu sfere.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ-A) 83, nr. 10, 7 mai 1962, p. 328—331, 8 fig., 3 tab.

CZ 621.317 Tehnica măsurărilor electrice. Aparate de măsură.

CZ 621.317.333.41:621.316.2

Jütemann, H. **Supravegherea instalației de curent continuu în serviciu.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ-B) 14, nr. 11, 28 mai 1962, p. 297—300, 13 fig.

CZ 621.317.44

Heumann, K. **Voltmetre electromagnetice de înaltă precizie.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ-A) 83, nr. 11, 21 mai 1962, p. 349—356, 15 fig., 6 ref. bibl.

CZ 621.317.734.078

Malov, D. I. **Erorile statice ale ohmmetrelor numerice automate de curent continuu.** In : Izv. vîșș. ucebn. zavedenîi. Electromehanika 5, nr. 1, 1962, p. 37—46, 3 fig., 15 ref, bibl.

1883

UZINA DE MAȘINI ELECTRICE BUCUREȘTI

UMEB

1 2 3 4 5 6 7 8

MOTOARE ASINCRONE
NORMALE ȘI SPECIALE

MAȘINI DE CURENT CONTINUU

MAȘINI SINCRONE

GRUPURI CONVERTIZOARE

GRUPURI ELECTROGENE

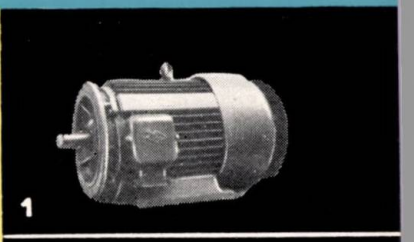
AGREGATE DE SUDURĂ

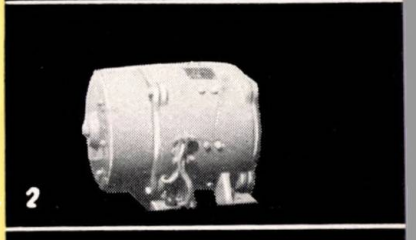
APARATAJ

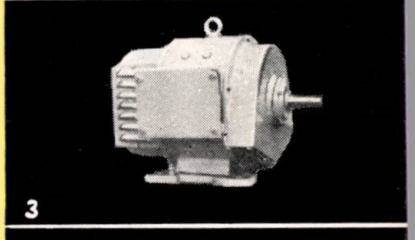
DEMAROARE

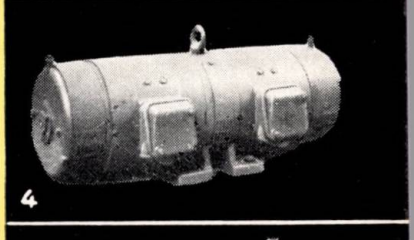
UTILAJE ELECTRICE DIVERSE

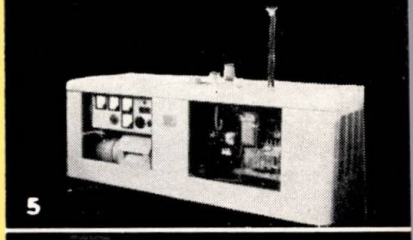
MARCA FABRICII ESTE GARANȚIA
CALITĂȚII PRODUSELOR NOASTRE

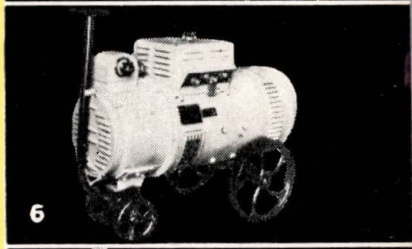

1

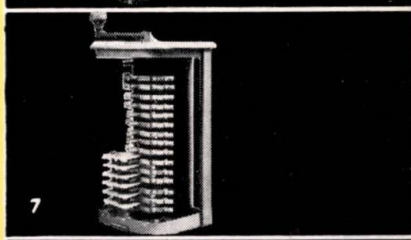

2

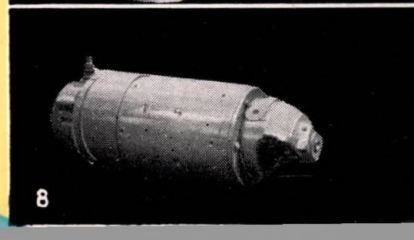

3


4

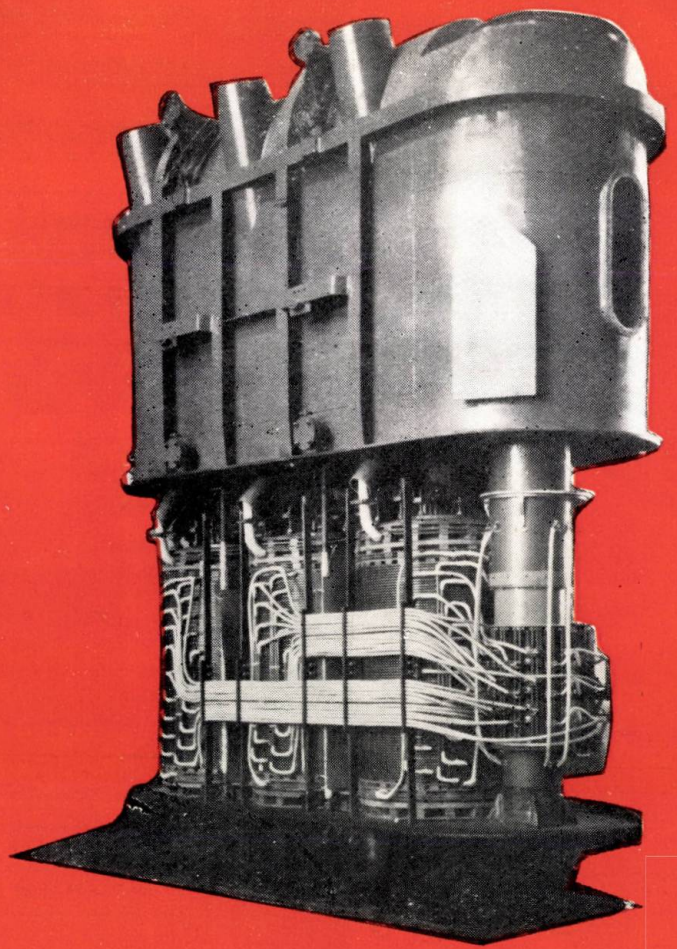

5


6


7


8

UZINELE ELECTROPUTERE CRAIOVA



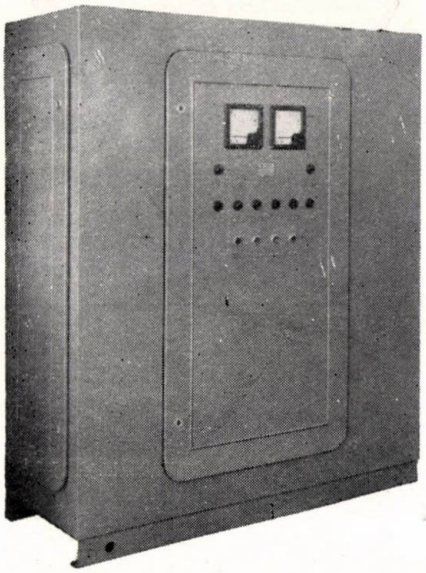
PROIECTEAZĂ ŞI CONSTRUIESC O GAMĂ LARGĂ DE TRANSFORMATOARE, PRINTRE CARE:

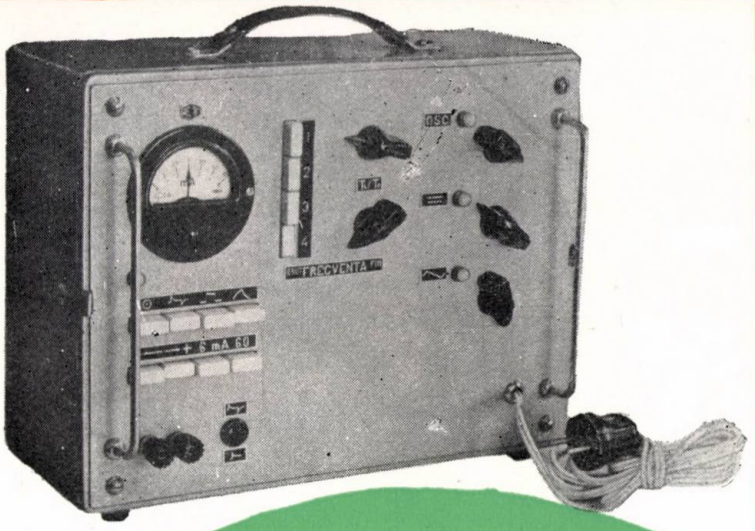
SERII UNITARE DESTINATE CONSUMULUI INTERN ŞI PENTRU EXPORT, PÎNĂ LA 1 600 kVA

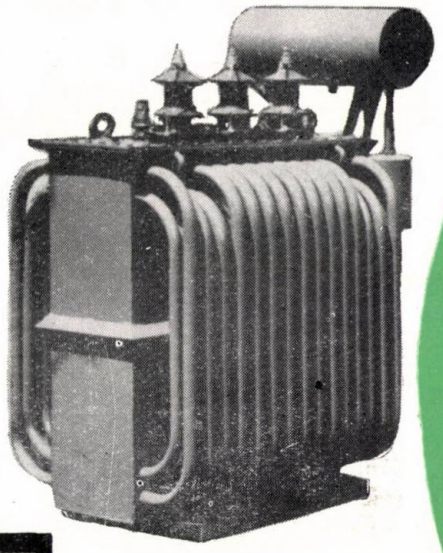
SERII DE TRANSFORMATOARE MARI LA 35 ŞI 110 kV

SE PREGĂTEŞTE FABRICAŢIA TRANSFORMATOARELOR LA TENSIUNEA DE 220 kV

TRANSFORMATORUL DE 25 MVA LA 110 ± 9 x 1,78 %/6, 6 kV: ÎNFĂŞURĂRI DIN ALUMINIU; TABLĂ LAMINATĂ LA RECE; REGLAJ AL TENSIUNII SUB SARCINĂ; MIEZ FĂRĂ BULOANE; CUVĂ DE TIP CLOPOT; NIVELUL PIERDERILOR FOARTE REDUS.







Aparat Pantostat

$U = 110 - 220$ V; $P = 50$ W; $f = 2 - 180$ Hz.

Tablou de comandă pentru concasoare giratorice tip TCCG — exterior

$U = 500/380/220$ V; $P = 62$ kW.

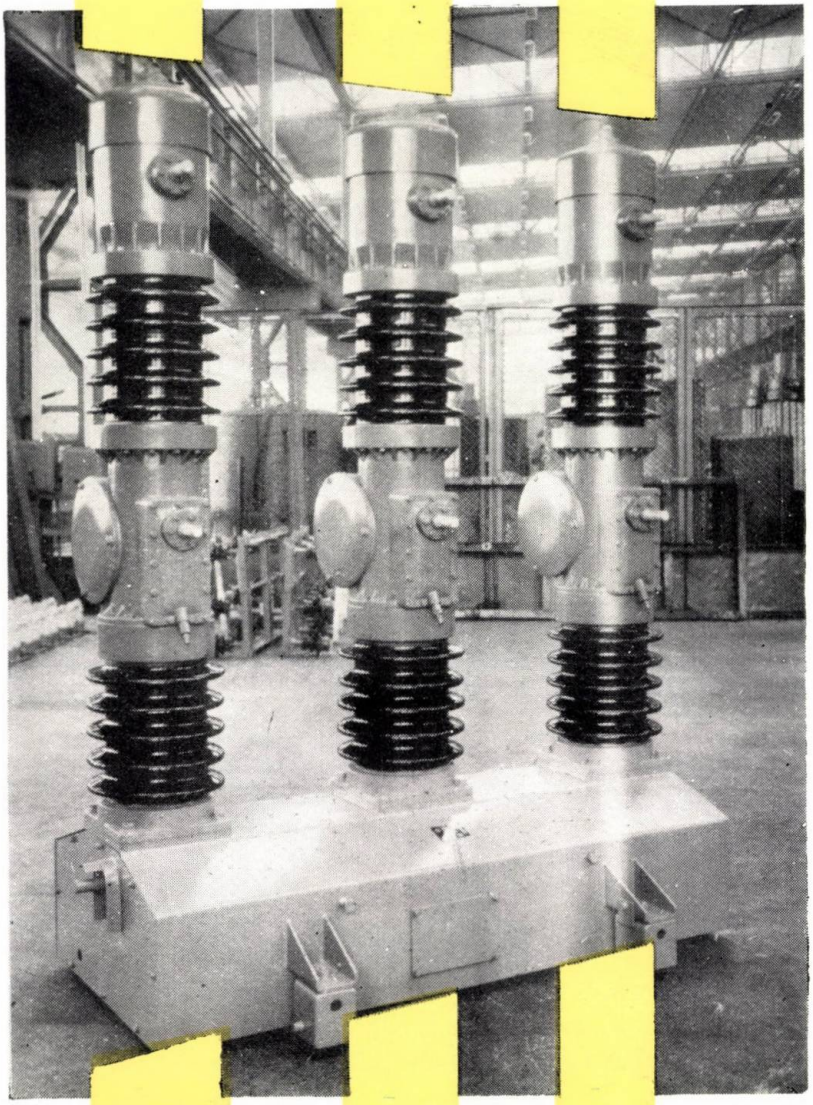
Transformator trifazat de putere destinat exportului

200 kVA; 10 000/400/231 V
$Y_{so} - 0$; $U_k = 4\%$; reglaj $\pm 5\%$, în ulei,
$P_o = 1\,075$ W; $P_k = 4\,800$ W;

Seria unitară de amplificatoare magnetice

$P_a = 50$ VA $- 100\,000$ VA; 50 Hz

ELECTROTEHNICA

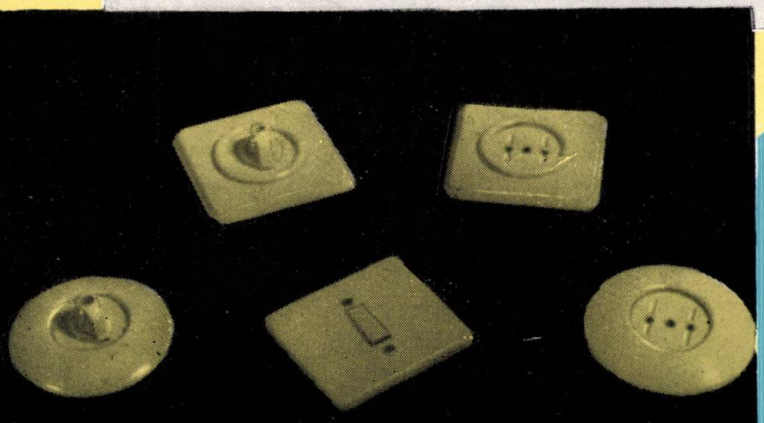


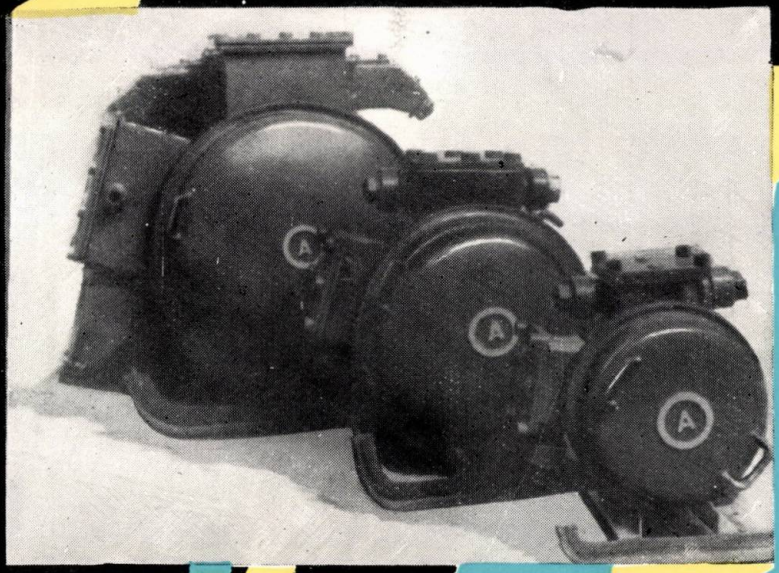
Printre produsele în curs de asimilare în fabrica de aparataj UEPC se află și întreruptorul cu ulei puțin pentru tensiunea nominală 35 kV, curentul nominal 1250 A și puterea de rupere 1000 MVA.

Acest întreruptor de caracteristici tehnice superioare se asimilează pe baza unei documentații primite de la firma Sachsenwerk R.D.G.

Uzinele Electroputere

CRAIOVA





- APARATE PENTRU COMANDA ȘI PROTECȚIA ELECTROMOTOARELOR
- APARATE DE INSTALAȚII ELECTRICE INTERIOARE PENTRU CONSTRUCȚII CIVILE SI INDUSTRIALE
- APARATE PENTRU AUTOMATIZĂRI
- ECHIPAMENTE PENTRU TRACȚIUNE ELECTRICĂ, INDUSTRIA CHIMICĂ, INDUSTRIA PETROLIERĂ, INDUSTRIA MINIERĂ, NAVE MARITIME ȘI FLUVIALE

livrează

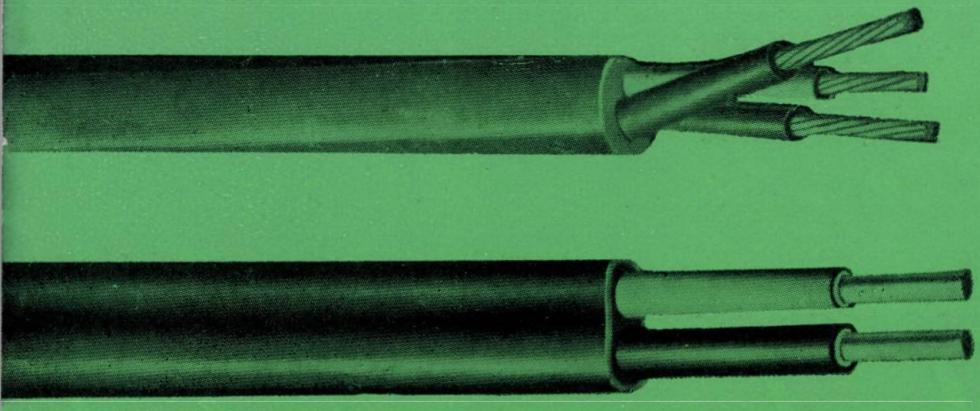
Electroaparataj

ÎNTREPRINDERE PRODUCĂTOARE DE APARATE ELECTRICE DE JOASĂ TENSIUNE

BUCUREȘTI • B-DUL MARELUI STADION Nr. 3

FABRICA DE CABLURI ŞI MATERIALE ELECTROIZOLANTE

- UN BOGAT SORTIMENT DE CABLURI DE FORŢĂ, CU IZOLAŢIE DE HÎRTIE ŞI MATERIALE PLASTICE
- CONDUCTE ELECTRICE PENTRU INSTALAŢII
- CONDUCTORI DE BOBINAJ IZOLAŢI CU EMAIL, HÎRTIE, MĂTASE, FIRE DE STICLĂ
- CORDOANE ELECTRICE PENTRU UZ CAZNIC
- LACURI ŞI MATERIALE ELECTROIZOLANTE



FCME

omeniile de utilizare a acumulatoarelor electrice
xecutate de I. I. S. „ACUMULATORUL"

ATERII „AUTO" PENTRU: Autocamioane, tractoare agricole şi
ıtiere cu pornire electrică, autobuze şi autoutilitare • Toate
purile de autoturisme, camioane, autobasculante şi motociclete.

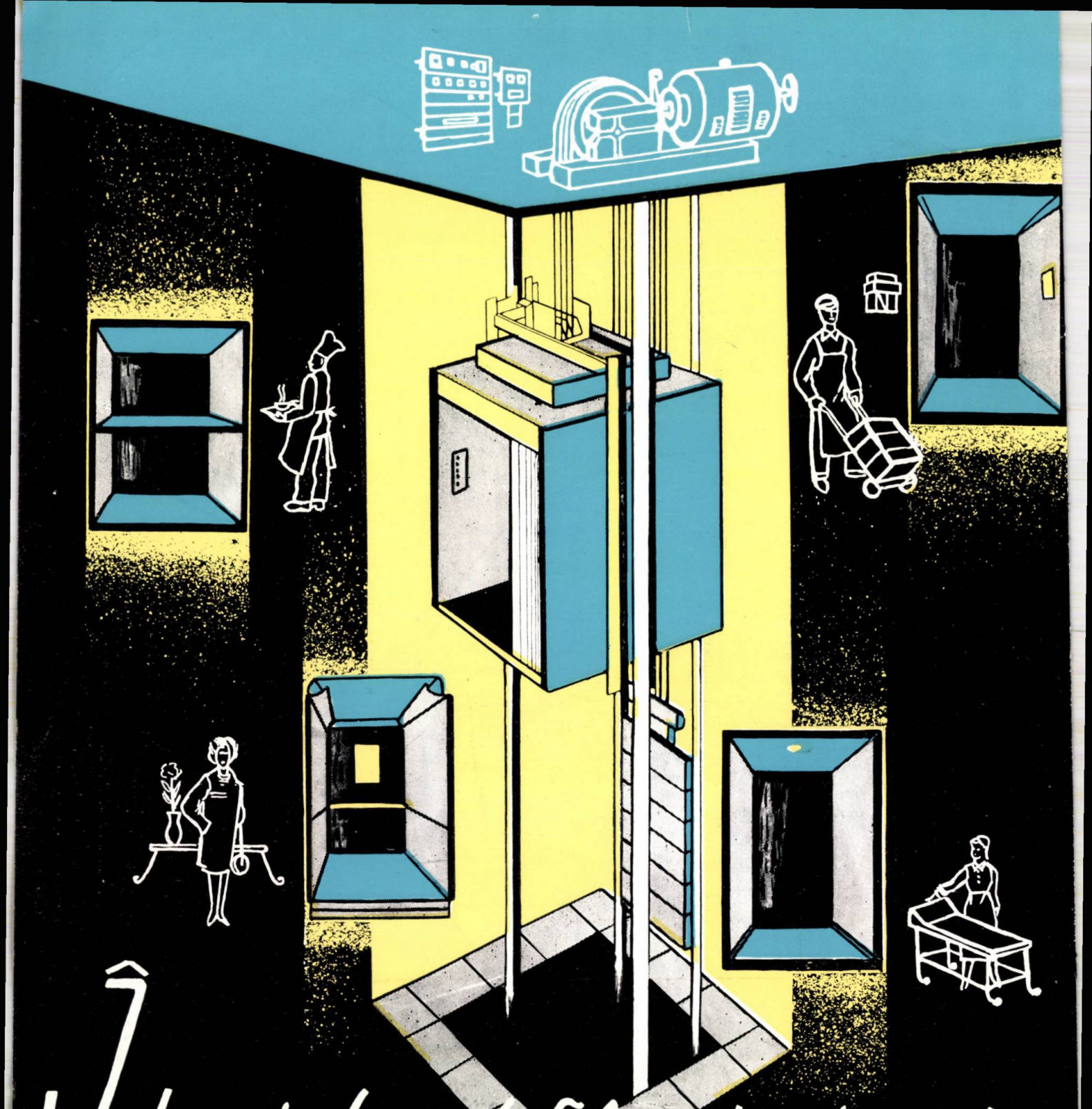
ATERII „TRACŢIUNE" PENTRU: Locomotive Diesel electrice
100 CP • Automotoare • locomotive Diesel de manevră
Iluminatul vagoanelor • Electrocare, electrostivuitoare şi
acarale electrice • Instalaţii de forţă şi lumină pe nave
Locomotive de mină • Pornirea locomotivelor Diesel.

BATERII STAŢIONARE PENTRU: Centrale producătoare sau transformatoare de energie electrică • Centrale pentru telecomunicaţii • Instalaţii de semnalizare pentru căi ferate • Iluminatul de siguranţă al sălilor de operaţii medicale, al sălilor de spectacole etc.

BATERII PENTRU TELECOMUNICAŢII ŞI LABORATOARE: Aparate radio • Aparate medicale • Laboratoare de încercări • Staţii telefonice mici • Instalaţii pentru iluminat de siguranţă.

IIS

ACUMULATORUL

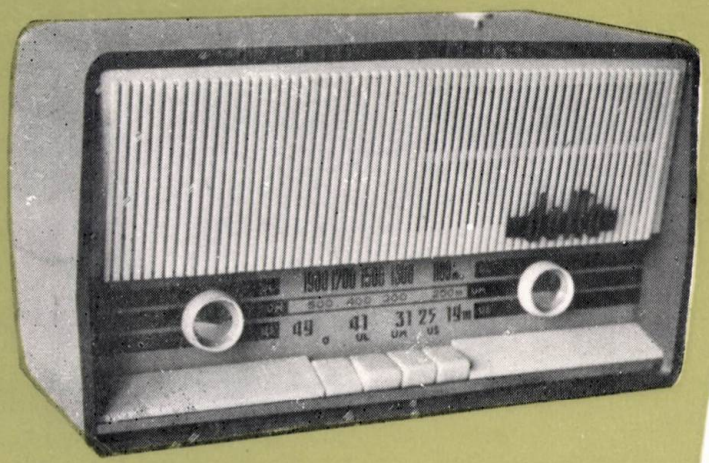


Întreprinderea de fabricație și montaj ascensoare București

SOS. GIULEȘTI Nr. 8, RAIONUL 16 FEBRUARIE • TELEFON: 17.45.00; 18.60.00

proiectează, construiește și montează următoarele produse:

- ascensoare de persoane
- ascensoare de materiale, 300—3 000 kg
- ascensoare de 100 kg (Montecharge)
- ascensoare de bolnavi
- piese de schimb pentru ascensoare de fabricație I.F.M.A.

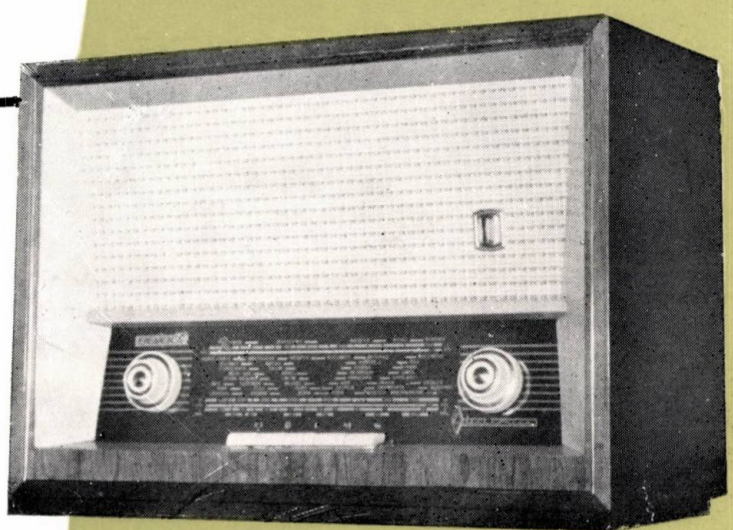


delta

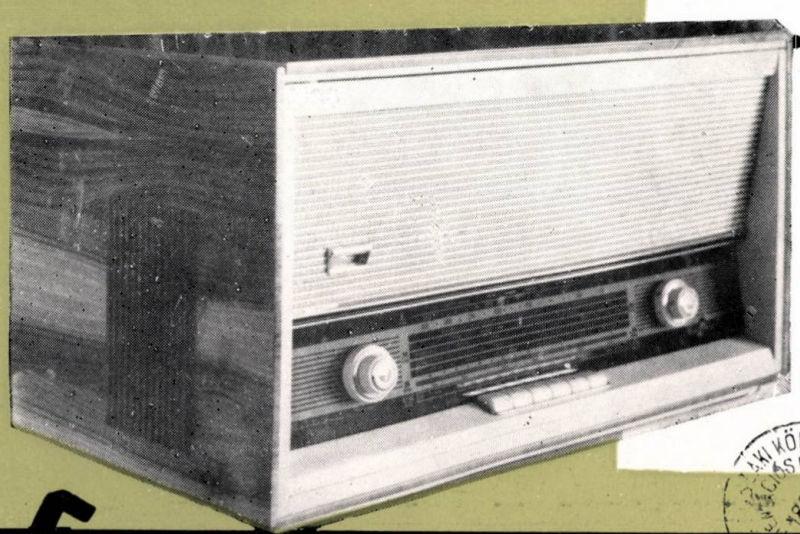
radioreceptor cu: 7 tranzistoare și două diode ● schimbător de lungimi de undă sistem claviatură ● 3 game de unde (UL, UM, US) ● difuzor eliptic de 1 VA ● prezentat într-o casetă de polistiren, colorată, dimensiuni aproximative: 358 x 200 x 170 mm ● alimentarea cu 6 baterii electrice de 1,5 V fiecare ● greutate: 3,5 kg.

select

radioreceptor cu: 3 + 2 tuburi electronice ● schimbător de lungimi de undă sistem claviatură ● 3 game de unde (L, M, S) ● indicator optic de acord ● difuzor circular de 2,5 VA ● tensiuni de alimentare: 110, 120 și 220 V ● dimensiuni: 520 x 350 x 260 mm ● greutate: 9 kg.



daxclée

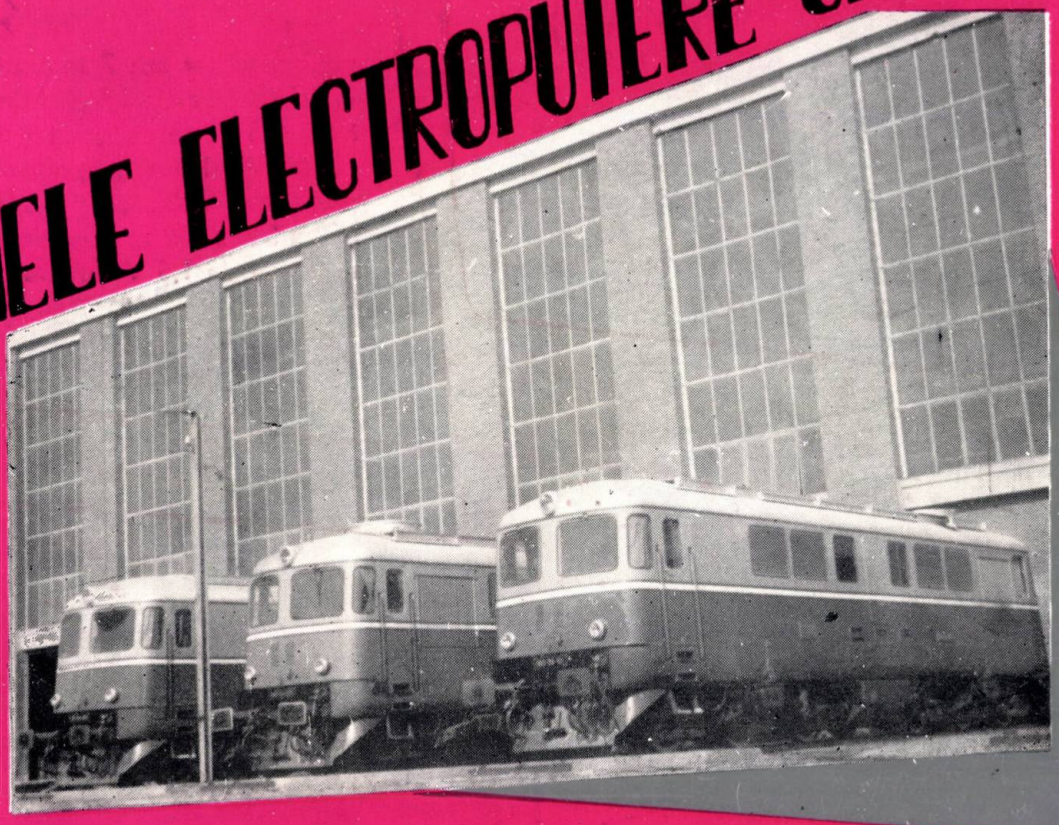


radioreceptor cu: 5 + 2 tuburi electronice ● schimbător de lungimi de undă sistem claviatură ● 4 game de unde (L, M, S, US) ● indicator optic de acord ● antenă dipol ● reglaj de ton ● două difuzoare circulare de 2,5 VA ● picup Supraphon, Crystal tone sau Ziphona ● tensiuni de alimentare: 110, 120 și 220 V ● dimensiuni aproximative: 720 x 395 x 380 mm ● greutate: 20 kg.

KÖNYVTÁR 1883

Electronica

UZINELE ELECTROPUTERE CRAIOVA



Fabrică

Locomotive Diesel electrice tip Co—Co 2 100 CP pentru remorcarea trenurilor de marfă și de călători

Viteza maximă	100 km/h
Greutatea totală	114 tone
Lungimea totală	17 000 mm
Lățimea maximă	3 000 mm
Înălțimea maximă	4 428 mm

EFORTUL DE TRACȚIUNE LA JANTĂ:

— la demaraj	32 000 kg
— în regim uniorar la 18,5 km/h	22 500 kg
— în regim de durată la 21,5 km/h	20 000 kg

Locomotivele pot funcționa în comandă multiplă

E 2040

R

ELECTROTEHNICA

REFERALVA

Electrotehnica • București • Anul 12 • nr. 3 • P. 81 — 120 • martie 1964

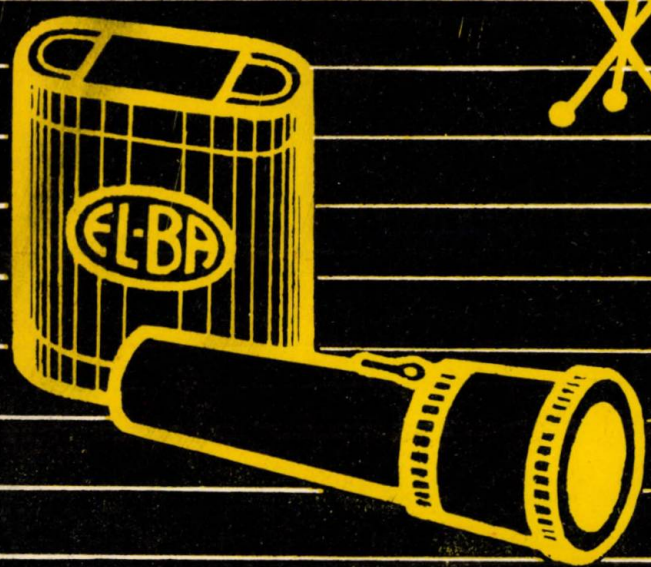
3

MŰSZAKI KÖNYVTÁR
1883

EL-BA

ELECTRO-BANAT

fabrică:



- Candelabre
- Accesorii pentru candelabre
- Lămpi pentru noptiere
- Dulii
- Lanterne
- Aparataj de joasă tensiune
- Baterii
- Pile electrice
- Corpuri de iluminat pentru vehicule
- Aparataj pentru vehicule

ELECTROTEHNICA

anul 12 nr. 3 martie 1964

MŰSZAKI KÖNYVTÁRI ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

CUPRINS

CZ 621.316.542.001.2

Avramescu, A. : **Progrese tehnice în construcţia aparatelor de conectare de joasă tensiune.**

Electrotehnica **12**, nr. 3, martie 1934, p. 81–91

Se examinează sintetic tendinţele actuale de dezvoltare în construcţia şi funcţionarea aparatelor de conectare de joasă tensiune pe plan mondial. Analiza se face pe baza unor indici de calitate stabiliţi în acest scop. Se trag concluzii utile pentru orientarea proiectărilor şi organizarea producţiei acestor aparate în ţara noastră.

CZ 621.316.549.064.25 : 621.316.952.44

Predoi, A. şi *Oncică, D.* : **Evoluţia construcţiei contactoarelor în ulei de joasă tensiune, cu relee termice.**

Electrotehnica **12**, nr. 2, martie 1964, p. 91–103

După indicarea domeniilor de utilizare a contactoarelor automate în ulei cu relee termice, în lucrare se prezintă cele mai noi aspecte constructive în domeniul contactoarelor, al căilor de curent, al electromagneţilor de acţionare, împreună cu o serie de probleme neîntîlnite încă în literatura de specialitate ; analiza unor serii de contactoare automate în ulei cu relee termice, fabricate în străinătate, din punctul de vedere al suprafeţei de montaj ; o serie de soluţii noi adoptate la aparatele ce se realizează în ţara noastră la întreprinderea „Electroaparataj"—Bucureşti.

CZ 621.316.549.064.33

Tomoiagă, R. şi *Goldenberg, S.* : **Contribuţii la proiectarea elementelor cinematice ale contactoarelor.**

Electrotehnica **12**, nr. 3, martie 1964, p. 104–117

Se studiază fenomenele cinematice asociate conectării şi deconectării aparatelor electrice acţionate electromagnetic. Se compară forţele active produse de electromagneţii de acţionare şi forţele antagoniste ale aparatului acţionat pe baza unui parametru comun — cursa electromagnetului (δ).

DIN ACTIVITATEA DE CERCETARE

CZ 621.317.727

Hortopan, Gh. : **Calculul divizorului de tensiune rezistiv ecranat.**

Electrotehnica **12**, nr. 3, martie 1964, p. 117–118

REFERATE 118–119

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.316.542.001.2

Аврамеску А.: **Технические прогрессы в области конструкции низковольтных включающих аппаратов.**

Electrotehnica 12, № 3, март. 1964, стр. 81–91

Синтетически рассматриваются современные стремления развития конструкции и работы низковольтных в ключающих аппаратов в мировом масштабе. Анализ производится на основе ряда качественных показателей, установленных для данной цели. Делаются полезные выводы по ориентированию проектирований и организации продукций данных аппаратов в Р.Н.Р.

ДК 621.316.549.064.25 : 621.316.925.44

Предой А. и Ончика Д.: **Эволюция конструкции низковольтных масляных замыкателей с тепловыми реле.**

Electrotehnica 12, № 3, март. 1964, стр. 91–103

После указания областей применения масляных автозамыкателей с тепловыми реле, статья содержит: новейшие конструктивные аспекты в области замыкателей, линий тока, электромагнитных приборов, совместно с рядом ещё до сих пор невстречаемых вопросов в специальной литературе; анализ ряда масляных автозамыкателей с тепловыми реле осуществляемых за рубежом, с точки зрения монтажной площади: ряд новых решений, принятых в отношении аппаратов, осуществляемых в Р.Н.Р. на предприятии „Электроаппаратаж" Бухареста.

ДК 621.316.549.064.33

Томоягэ Р. и *Голденберг С.*: **Вклад в проектирование кинематических элементов замыкателей.**

Electrotehnica 12, № 3, март. 1964, стр. 104–117

Приводится исследование кинематических феноменов, сопряжённых с включением и выключением электрических аппаратов с электромагнитным приводом. Приводится сравнение активных усилий, образуемых электромагнитным приводом с усилиями приводного аппарата на основе общего параметра — ход электромагнита

ДК 621.317.72

ИССЛЕДОБАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ

Хортопан, Гх.: **Расчёт экранировонного делителя напряжения.**

Electrotehnica 12, № 3, март. 1964, стр. 117–118

РЕФЕРАТЫ 118–119

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.316.542.001.2

Avramescu, A.: **Technische Fortschritte in der Konstruktion von Niederspannung Schaltapparaten.**

Electrotehnica 12, H. 3, märz 1964, S. 81–91

Es wird synthetisch die heutigen Tendenzen der Entwicklung und Konstruktion der Niederspannungschaltapparaten auseinandergesetzt. Die Analyse erfolgt unter Berücksichtigung einiger Qualitätsziffern die zu diesem Zweck bestimmt wurden. Es werden nützliche Schlussfolgerungen bezüglich der Projektierungs- und Konstruktionsorientierung dieser Apparate in unserem Lande gezogen.

DK 621.316.549.064.25 : 621.316.925.44

Predoi, A. und *Oncica, D.*: **Die Entwicklung der Olschützenkonstruktion mit Wärmeauslösern für Niederspannung.**

Electrotehnica 12, H. 3, märz. 1964, S. 91–103

Nach der Angabe der Verwendungsmöglichkeiten der automatischen Olschützen mit Wärmeauslösern sind in der Arbeit die neusten Bauformen aus dem Gebiete der Schützen, der Stromwege, der Schaltmagnete, einschliesslich einer ganzen Reihe von Aufgaben die in der Fachliteratur noch nicht erwähnt wurden, vorgeführt; die Analyse einiger automatischen Olschützen mit Wärmeauslösern die im Auslande hergestellt werden, vom Standpunkte der erforderlichen Montagefläche; eine Reihe neue Lösungen bei den in unserem Lande von der Fabrik „Electroaparataj" — Bukarest hergestellten Apparaten.

DK 621.316.549.064.33.

Tomoiagă, R. und *Goldenberg, S.*: **Beiträge zur Projektierung der kinematischen Schützenbauelementen.**

Electrotehnica 12, H. 3, märz. 1964, S. 104–117

Es werden die kinematischen Vorgänge die mit dem Ein- und Ausschalten der elektromagnetisch betätigten Schaltapparaten in Verbindung stehen, auseinandergesetzt. Es werden die Aktionskräfte die Schaltmagnete ausüben und die Reaktionskräfte des Schaltapparaten auf Grund eines gemeinsamen Parameters — des Elektromagnethubes, verglichen.

AUS DER FORSCHUNG

DK 621.317.727

Horlopan, Gh.: **Die Berechnung des abgeschirmten Ohmschen Spannungsteilers.**

Electrotehnica 12, H. 3, märz. 1964, S. 117–118

REFERATE 118–119

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.

Anul 12 nr. 3 București, martie 1964

MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1883

Progrese tehnice în construcția aparatelor de conectare de joasă tensiune

Aurel Avramescu* — București

CZ 621.316.542.001.2

În legătură cu dezvoltarea producției de aparate electrice, Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. prevăd lărgirea sortimentului aparatajului și al instrumentelor de măsură, pe lîngă o îmbunătățire a calității lor. Baza solidă care asigură creșterea ritmică a volumului și a calității producției de aparate electrice o formează documentarea și cercetările tehnico-științifice. Introducerea tehnicii celei mai noi în elaborarea și în tehnologia de fabricație a tipurilor noi de aparate, aplicarea mecanizării și automatizării complexe a producției, specializarea și cooperarea în industrie trebuie urmărite cu perseverență de organele tehnice de conducere, de proiectare și de construcție.

Dintre toate aparatele electrice cele de conectare sînt cele mai importante pentru buna funcționare a instalațiilor, pentru desfășurarea în bune condiții a operațiilor de comandă, de reglare și de protecție. Formele lor constructive sînt variate și uneori complexe din cauza condițiilor dificile în care trebuie să funcționeze.

Perfecționarea tehnică în domeniul aparatelor de joasă tensiune este încă în plină și dinamică desfășurare în comparație cu aceea din domeniul mașinilor și transformatoarelor. Soluții noi, revoluționare, apar des și se introduc de constructori și tehnologi în fabricație cu mai mult sau mai puțin succes. În cursul dezvoltării rapide a tehnicii acestor aparate se impune, cu o deosebită acuitate, necesitatea de a cunoaște direcțiile pe care se îndreaptă evoluția tehnică pentru a putea orienta producția indigenă pe căi sigure spre soluțiile constructive, respectiv tehnologice, cele mai avansate.

În cele ce urmează se analizează evoluția recentă a construcțiilor moderne de aparate de conectare de joasă tensiune, în speță a întreruptoarelor și contactoarelor. Analiza permite stabilirea tendințelor de dezvoltare viitoare a acestor aparate.

* Acad. dr. ing. *A. Avramescu* este director general al Centrului de documentare științifică al Academiei R.P.R.

1. Probleme funcționale

1.1. Probleme funcționale majore pe care soluțiile constructive moderne în domeniul aparatelor de conectare de joasă tensiune [1] tind a le rezolva sînt următoarele :

1. stingerea arcului electric,
2. evitarea uzurii contactelor,
3. elaborarea de sisteme electromagnetice de mare eficiență și durabilitate.

Rezolvarea în condiții cît mai favorabile a acestor probleme presupune o cunoaștere temeinică a fenomenelor fizice complicate care au loc în legătură cu întreruperea arcului, cu contactele și sistemul electromagnetic de acționare [2]. Faptul că soluțiile tehnice și tehnologice cunoscute [3] încă nu epuizează toate posibilitățile de îmbunătățire rezultă din marele număr de lucrări tehnico-științifice care continuă a fi publicate în literatura de specialitate recentă asupra acestor probleme majore [2]. În cele ce urmează se trec pe scurt în revistă rezultatele și soluțiile principale cele mai recente ale cercetărilor efectuate în acest scop.

1.2. Stingerea arcului electric de conectare se efectuează cu totul diferit în curent alternativ și în curent continuu [4]. Comun este doar că întreruperea se face cu ajutorul arcului.

În curent alternativ se profită de anularea periodică (de 100 de ori pe secundă) a curentului [5] spre a evita reaprinderea arcului datorită tensiunii de restabilire între contactele care se îndepărtează. În acest scop, arcul se lungește prin mijloace mecanice și electrodinamice (suflaj magnetic), se răcește prin apropierea de pereți refractari reci (camere de stingere, șicane) sau se subîmparte în arcuri parțiale (grătar metalic) [6], spre a-i mări gradientul de tensiune și a-i multiplica căderile de tensiune obligate pe electrozi [7].

Lungirea arcului se obține mai degrabă prin efectul electrodinamic de lărgire a unei bucle prin care curentul este obligat să treacă decît

prin ascensiunea gazelor calde, care au viteze prea mici [8]. Căilor de curent li se dă o geometrie şi cinematică specială spre a arunca arcul (cu forţe proporţionale cu pătratul curentului) în şicanele refractare ale camerelor de stingere sau în grătarele metalice care produc fracţionarea arcului [9].

La întreruptoare de putere se prevede suflajul magnetic cu ajutorul unor spire prin care trece curentul principal sau al unor plăci metalice care îmbracă pereţii camerei de stingere în dreptul locului de deschidere a contactelor [5]. Uneori se prevăd şi bucle mici în căile principale de curent. Camerele de stingere au, de obicei, şicane ondulate.

La contactoare se prevede o buclă pronunţată a căilor principale de curent, preferîndu-se întreruperea dublă (şi chiar cvadruplă) pe acest traseu, astfel încît arcul să fie suflat de forţele electromagnetice în grătarele de plăci metalice din camerele de stingere.

Din punct de vedere constructiv, camerele de stingere [10] au forme şi mărimi adaptate la felul aparatelor, la tensiunea nominală şi la capacitatea de rupere [11]. Întreruptoarele de putere au camere înalte, voluminoase (cămine), cu şicane radiale sau paralele în care arcul e forţat să intre de forţele electrodinamice. Fantele ce închid, de obicei, camerele au lărgimi de 4 mm şi se îngustează la 1—2 mm şi mai puţin, pentru a aduce arcul în contact cu pereţii reci refractari [9]. Ca material se utilizează ceramică şi melamină, azbocimentul fiind părăsit din cauza fragilităţii sale.

Contactoarele au camere de stingere de dimensiuni reduse, potrivit puterii de rupere mult inferioare. Se preferă grătarele metalice pentru subîmpărţirea arcului electric [12] şi se prevăd, în acelaşi timp, fante înguste pentru strangularea arcului. Noile materiale plastice permit forme deosebit de compacte, camera de stingere cu şicanele sale fiind integrată organic în capacul de protecţie al contactorului.

Camere de stingere deionice iniţiale se întrebuinţează azi mai rar, ele menţinîndu-se numai pentru curenţii nominali şi de rupere mari.

În cazul întreruptoarelor limitatoare [13] se recurge la soluţiile constructive cunoscute de la întreruptoarele rapide de curent continuu, cu mare putere de rupere. Aplicîndu-se un suflaj puternic, arcul este lungit şi întins [14] în şicanele unei camere mari de stingere în fracţiuni de milisecunde.

1.3. Evitarea uzurii contactelor se urmăreşte cu mare atenţie de cercetători, deoarece ele au o durată de viaţă mai scurtă decît aparatele. După ce, prin lucrări fundamentale, s-au adus lămuriri preţioase relative la natura fizică intimă a contactelor, explicîndu-se cauza reală a rezistenţei de contact [15], stricţiunea liniilor de curent în suprafeţele microscopice de atingere cu patru ordine de mărimi mai mici decît cele macroscopice, reuşindu-se a se calcula influenţa forţelor de apăsare şi încălzire a contactelor — problema uzurii la arc a rămas încă pe seama încercărilor din cauza numeroaselor influenţe care intervin. Se cunosc condiţiile în care se formează prima punte metalică lichidă la desfacerea contactului, s-au elucidat unele fenomene ce apar la catodul şi anodul arcului cu plasmă scurt, dar în curent alternativ fenomenele se suprapun complex şi arcul arde mult mai neliniştit. La închiderea contactului apare un scurt arc care solicită termic contactul şi poate introduce sudarea contactelor, dacă ele nu se presează cu o forţă de apăsare suficientă, respectiv dacă apar vibraţii [16]. Făcînd abstracţie de aceste fenomene, uzura la închiderea contactelor este mai redusă decît la deschidere, dar rămîne complexă şi greu de analizat.

Astfel, cercetările s-au rezumat la constatarea unor relaţii globale între energia disipată în arc şi cantitatea de material pierdut de pe electrozi. Uzura apare ca un fenomen statistic particular, care trebuie constatat empiric în funcţie de materialul, forma, cinematica contactelor, construcţia aparatului, solicitările electrice şi mecanice [17].

Măsurile constructive principale ce se iau pentru reducerea uzurii contactelor sînt :

— alegerea judicioasă a unor materiale [18] cu o densitate şi duritate mare, avînd o temperatură de topire înaltă ; se preferă aliaje refractare (Ag + CdO) şi amestecuri sinterizate de metale bune conducătoare (Cu, Ag) cu metale refractare (W, Mo) [19] ;

— asigurarea unor forţe de apăsare suficient de mari spre a evita sudarea contactelor, eventual prin resoarte convenabil dimensionate (fig.5) ;

— trecerea piciorului arcului asupra unui contact de arc refractar separat care preia uzura de arc şi descarcă contactele principale. La întreruptoare şi contactoare cu curenţi nominali de peste 100 A se introduc şi contacte intermediare care preiau încă o parte din solicitările contactelor principale la deschideri şi închideri [17] ;

— elaborarea de forme constructive speciale care favorizează îndepărtarea imediată a piciorului arcului din zona contactului permanent şi antrenarea lui pe vîrfuri refractare sau prevăzute a fi uzate de arc. Astfel de contacte au forma de linguri în care se practică secţiuni şi canale spre a dirija mişcarea piciorului de arc ;

— contacte de mare suprafaţă plane de Ag cu cursă cît mai mică (întrerupere multiplă), care favorizează, în contactoare, precipitarea metalului topit pe contactul opus, ceea ce reduce considerabil uzura şi măreşte durata de viaţă a contactelor [8].

— se evită vibrarea contactelor la anclanșare prin dirijarea forțelor dinamice, amortizarea mișcării înainte de închidere etc.

1.4. Elaborarea de sisteme electromagnetice de mare eficiență și durabilitate se urmărește pe căi diferite pentru aparatele de conectare de curent alternativ și continuu.

Electromagneții de acționare de curent alternativ lucrează dur, adică lovesc cu viteze (0,5 — 1,5 m/s) și cu forțe mari suprafețele de oprire în poziția atrasă a armăturii. Comportarea dinamică depinde în mare măsură de geometria miezului magnetic și de cîmpurile de dispersiune din jurul bobinei de excitație. S-au cristalizat forme constructive particulare, de exemplu forma C sau E, simetrice sau asimetrice, cu un întrefier permanent pentru anularea influenței remanenței magnetice. Închiderea are loc în 10 — 15 ms la contactoare mici și la 25—30 ms la cele mari.

Pentru acoperirea forței de atragere a armăturii (apăsarea contactelor) se face apel și la contribuția maselor în mișcare (anclanșare dinamică).

La anclanșarea în stare deschisă a armăturii, inductivitatea bobinei fiind foarte mică, apare un șoc de curent, care se reduce pe măsură ce scade întrefierul. În poziție închisă, curentul este redus, dar forța de apăsare crește, iar pentru evitarea anulării ei periodice se prevăd inele în scurtcircuit pe polii miezului [3].

Uzura mecanică cea mai importantă apare la frecvențe mari de conectare pe suprafețele polare care se lovesc de armătură.

În curent continuu, electromagnetul lucrează mai amortizat din cauza reacției mai puternice a circuitului de excitație. În schimb, datorită diferenței foarte mici dintre curentul inițial de anclanșare și cel de ținere, primul fiind condiționat de forța necesară pentru începerea mișcării, trebuie să se prevadă (prin contacte auxiliare) introducerea unei rezistențe în circuit în poziția atrasă a armăturii.

2. Construcții moderne de întreruptoare

2.1. Soluțiile tehnice și constructive ale întreruptoarelor automate se bazează pe cunoașterea din ce în ce mai aprofundată a fenomenelor, materialelor și tehnologiei. Ele sînt în continuă evoluție. Cerințele crescînde ale beneficiarilor, exprimate prin condiții tehnice severe, se pot satisface numai prin construcții moderne.

Condițiile de îndeplinit sînt următoarele:

— stăpînirea efectelor dinamice și termice ale curenților de scurtcircuit;

— construcție compactă, clară, de volum relativ redus;

— posibilitatea de înlocuire a elementelor (Baukastensystem);

— durată mare de viață cu întreținere minimă.

Soluțiile constructive moderne de întreruptoare automate asigură eliminarea dificultăților provenind din: a) eforturile electrodinamice, b) sudura contactelor, c) extinderea arcului.

a) Eforturile electrodinamice se elimină pe două căi:

— trecerea curentului în linie dreaptă prin aparat, păstrîndu-se eforturile electrodinamice provocate de punctele de contact, care, fiind compensate prin resoarte, asigură o presiune suficientă;

— dimensionarea corespunzătoare a secțiunii căilor de curent permite trecerea, timp de 1 sau 1/2 s, a unei suprasarcini egale cu puterea de rupere a disjunctorului.

b) Problema mai grea a sudurii punctelor de contact este rezolvată prin folosirea unui aliaj de W cu Ag pentru contactele de rupere. Pentru contactele principale se poate folosi argint de înaltă conductibilitate, cu condiția asigurării unei suficient de ridicate presiuni la o cursă mică.

c) Pentru reducerea extinderii arcului s-au putut realiza camere de stingere de volum redus.

Întreruptoare de mare putere de rupere se consideră, în prezent, aparatele cu o capacitate de rupere cuprinsă între 50 și 100 kA. Coeficientul $k_1 = I_r/I_n$ are, pentru aceste întreruptoare, valori de 40 — 60.

Mijloacele utilizate pentru atingerea unor atari performanțe sînt diferite, după cum se cere sau nu o temporizare a declanșării în vederea selectivității.

În instalațiile în care scoaterea de sub tensiune, chiar temporară, a unor sectoare provoacă daune considerabile, se cere eșalonarea duratelor de declanșare, astfel ca numai întreruptorul imediat în amontele defectului să declanșeze. Întîrzierea la declanșare poate să ajungă de la 0,5 pînă la 1 s, dacă numărul de trepte de protecție ajunge la 4 — 5. Căile de curent ale acestor aparate se supradimensionează pentru a face față solicitării termice și dinamice foarte mari în cursul duratei scurtcircuitului.

2.2. Compensarea forței de apăsare a contactelor evită ca, la scurtcircuite, contactele să fie deschise de forțele electrodinamice. În acest scop se întăresc corespunzător resoartele care mențin închise contactele sau, mai bine, se dispune astfel calea de curent, încît contactele să fie comprimate și nu desfăcute de către forțele electrodinamice. Astfel de întreruptoare se numesc „compensate", au o greutate și un volum mai mic decît primele și reprezintă soluții tehnice înaintate.

Cîteva soluții tehnice reprezentative de „compensare" a forțelor electrodinamice ce provin de la constructori francezi se pot vedea în figura 1. Dispozitivul notat cu 0, necompensat, se poate

compara cu cele compensate A, B_1, și B_2, în care contactul mobil *1* se imobilizează în poziție închisă prin manivela *2*. În dispozitivul A conductorul de compensare *3*, dispus între

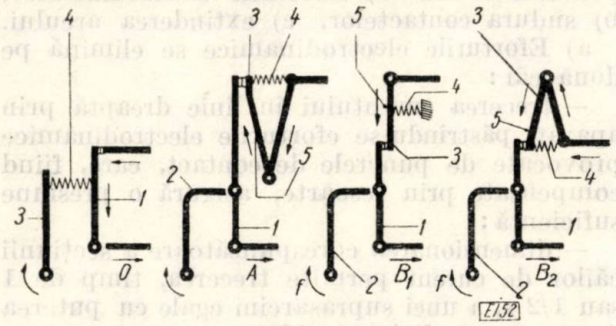


Fig. 1. Scheme de contacte dinamic compensate.

două conductoare fixe, este supus unor forțe electrodinamice contrarii, apărînd o forță rezultantă nu prea mare, care se adaugă la cea a forței resortului *4*.

Dispozitivele B_1 și B_2 se caracterizează prin forțe de apăsare proporționale cu supracurentul și sînt denumite „supracompensate".

Pentru contactele de arc (nereprezentate) se prevăd dispozitive de compensare separate.

Toate forțele care apar în aceste dispozitive se pot calcula cu ajutorul formulelor deduse din legile electrodinamicii.

Întreruptoarele de putere construite de firma franceză Alsthom au contacte principale compensate după schema B_1 și contacte de arc compensate după schema A. Casa Merlin et Gerin construiește întreruptoare de putere cu mișcare de translație, contacte principale compensate și cele de arc necompensate, ambele avînd dublă întrerupere.

2.3 Limitarea curentului. Instalațiile industriale executate care se racordează la sistemul electroenergetic public, sau cele deja racordate, ale căror rețele primesc o întărire substanțială, de exemplu prin punerea în funcțiune a unei centrale mari în apropiere, nu pot face față, în general, efectelor curenților de scurtcircuit. În loc de a întări întreaga stație și rețea de utilizare, este mai economic să se monteze pe circuitul de alimentare un dispozitiv care limitează curentul inițial de scurtcircuit la o valoare pe care instalația o suportă.

Un dispozitiv de acest fel sînt siguranțele de mare putere de rupere rapide, cu fire fuzibile închise în medii de stingere a arcului (nisip de cuarț). Ele nu permit însă curenți nominali mai mari decît 800 A.

Întreruptoare de putere limitatoare s-au dezvoltat în ultimul timp de către casa Delle, din Franța [20]. În R.F.G. s-au elaborat, în același scop, siguranțe speciale cu exploziv de către casa Calor-Emag. Declanșarea se face în 15 ms, deci se renunță la selectivitatea cu întreruptoare în aval (la $I < 30\ I_n$), în schimb este posibil a se menține selectivitatea cu siguranțe rapide montate în aval (eventual cu siguranțe și întreruptoare). Din cauză că întreruptorul, ca și rețeaua protejată nu mai sînt supuse efectului dinamic și termic al curentului de scurtcircuit staționar, căile de curent se pot dimensiona dinamic numai după vîrful curentului limitat (o fracțiune a curentului de scurtcircuit „virtual"), iar termic numai după curentul nominal. Astfel rezultă reduceri considerabile de greutate în metalul căilor de curent, deci de greutate și volum al întregului aparat.

O cercetare analitică sumară (v. anexa) a condițiilor limitării curentului cu ajutorul unui arc electric (ca în cazul întreruptorului rapid de curent continuu) (fig. 2) scoate în evidență trei condiții esențiale pentru întreruptorul limitator :

a) tensiunea arcului să apară cît mai curînd ;

b) tensiunea arcului să crească cît mai repede ;

c) tensiunea arcului să fie cît mai mare.

Pentru a reduce timpul pînă la desfacerea contactelor în „disjunctorul limitator" DL se utilizează autorepulsia electrodinamică a contactelor pentru valori ale curentului care întrec o anumită limită [21].

Pentru a evita bătăi ale contactelor în cazul cînd amplitudinea semiundei curentului de scurtcircuit ar fi aproape de cea a curentului de autorepulsie se prevede un declanșator electromagnetic ultrarapid montat pe fiecare fază, acționînd independent. Declanșatorul asigură

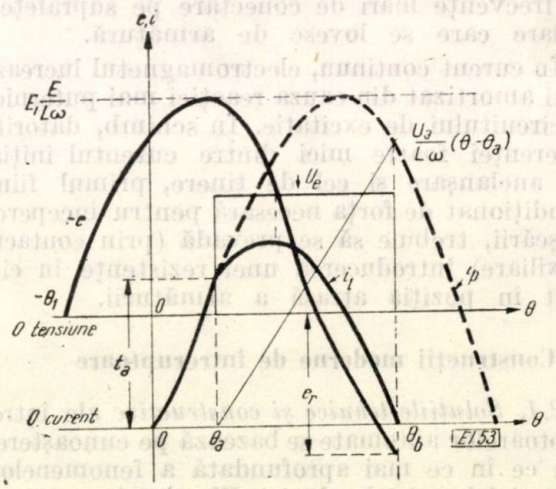


Fig. 2. Limitarea curentului de scurtcircuit.

de altfel deschiderea contactelor pentru curenți sub valoarea curentului de autorepulsie a contactelor.

Timpul pînă la apariția arcului se reduce astfel la timpul pînă cînd curentul de scurtcircuit atinge valoarea la care începe autorepulsia contactelor, la care se adaugă timpul propriu al declanșatorului și timpul de deschidere mecanic. Cum întreruptorul se prevede

și cu relee termice de suprasarcină, rezultă caracteristica reprezentată în figura 3.

Limitarea exprimată prin coeficientul de limitare K_L depinde de curentul nominal, fiind,

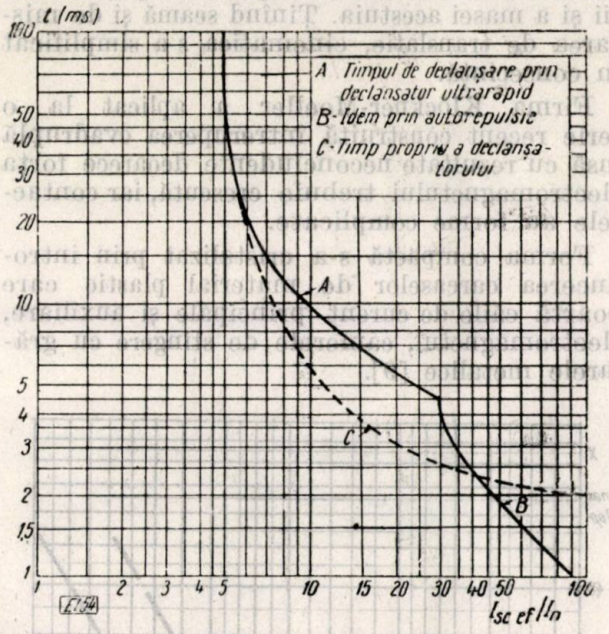


Fig. 3. Caracteristica de declanșare a disjunctorului DL Delle.

pentru un curent de scurtcircuit de 100 kA, de 0,35 la $I_n = 640$ A, de 0,46 la $I_n = 1\,000$ A și de 0,65 la $I_n = 2\,000$ A.

Pentru un întreruptor dat, limitarea mai depinde de curentul de scurtcircuit și de tensiunea de serviciu (fig. 4).

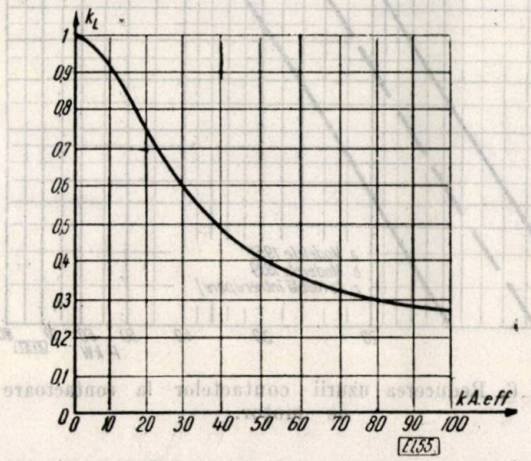


Fig. 4. Coeficient de limitare.

În rezumat se poate afirma că atît tipurile compensate, cît și cele limitatoare reprezintă soluții tehnice noi, moderne, care permit nu numai reducerea prețului aparatelor, dar și a instalațiilor, realizînd economii pentru beneficiari, fără a renunța la principiul securității.

3. Construcții de contactoare moderne

3.1. Soluții tehnice și constructive privind contactoarele răspund pe cît se poate cerințelor stringente și tot mai exigente ale beneficiarilor. Problemele fundamentale de rezolvat sînt, în fond, aceleași ca la întreruptoare, numai ponderea lor se schimbă. Pe cînd la întreruptoarele automate performanța principală este o capacitate de rupere cît mai mare, atinsă cu mijloace cît mai reduse și mai simple, la contactoare se pune accentul pe o durată de viață cît mai lungă, adică pe un număr de manevre și o frecvență de manevre cît mai mari [22].

Durata de viață a aparatului, exprimată de obicei în număr total de manevre fără curent, se atinge cînd părți componente devin neutilizabile prin uzură sau deteriorare. Ea nu se poate constata decît pe cale de încercare.

Măsurile cele mai importante de prelungire a duratei de viață sînt de natură tehnologică [3] și se referă la alegerea materialelor celor mai potrivite, evitarea frecărilor, vibrațiilor, șocurilor, execuția cu exactitatea prescrisă a pieselor, a lagărelor etc.

Calitatea electromagnetului este un criteriu important pentru o durată de viață lungă a contactoarelor, deoarece piesele polare se uzează în urma șocurilor la anclanșare, deosebit de violente la curent alternativ.

Dispariția întrefierului (inițial) de remanență poate duce la scoaterea din uz prin reținerea armăturii. La miezuri E acest defect este mai frecvent, de aceea uneori se preferă miezuri C în construcții noi (ASEA).

La construcții moderne se prevede un întrefier secundar, permanent, care să evite reținerea armăturii prin remanență, întrefier scos de sub influența loviturii armăturii, deci pe jug sau pe una dintre coloane.

Uzura la șoc se poate combate prin amortizoare pneumatice (cilindri cu piston și fante înguste) sau hidraulice (imersiune în ulei). Electromagneții care lucrează sub ulei ating ușor zece milioane manevre. Durata mecanică de viață a aparatului depinde în aceeași măsură de durabilitatea contactelor.

Uzura contactelor, un fenomen dificil și complex [18], [19], se combate prin măsuri tehnologice și constructive. Forța de presare (fig. 5), care are o mare influență asupra rezistenței de contact, intervine direct mai puțin în uzură și mai mult indirect prin apariția vibrațiilor și promovarea sudurii contactelor. Firma Calor-Emag din R.F.G. asigură o forță de apăsare constantă în contacte cu ajutorul unor resoarte, descărcînd complet armătura de această sarcină, ceea ce este important în cazul tensiunilor scăzute cînd armătura intră în vibrație. Influență mare au forma și mișcarea contactelor, frecarea suprafețelor de contact înainte de închidere.

Contacte de Ag plane, de mare suprafață și cursă scurtă, contraindicate din punct de vedere teoretic (teoria postulează contactele punctiforme ca optime [15]) dau rezultate bune la uzură

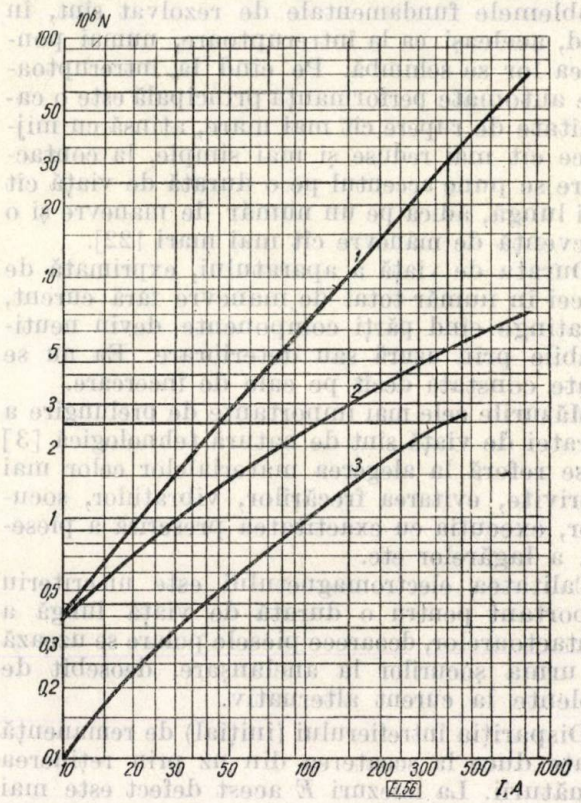


Fig. 5. Forța de apăsare în contacte în funcție de curentul nominal:
1 — întreruptoare automate; *2* — contactoare Cu; *3* — contactoare Ag.

în contactoare, la curenți nominali mari, din cauza recuperării argintului împroșcat și topit de forțele electrodinamice ce apar în piciorul arcului. La metalele nenobile, procedeul nu dă rezultate deoarece materialul topit se oxidează și își pierde conductivitatea [2].

Uzura se micșorează prin alegerea judicioasă a vitezei de mișcare a contactelor. Există o viteză optimă la care uzura este minimă [17].

În rezumat, măsurile constructive care tind a micșora uzura contactelor se referă la evitarea vibrațiilor prin amortizări corespunzătoare, la coordonarea masei, vitezei și apăsării contactelor, reducerea duratei de arc prin întrerupere dublă sau cvadruplă (fig. 6).

În cazul cînd durata de viață a aparatului depășește pe cea a contactelor se prevede înlocuirea lor prin operații simple.

3.2. Construcțiile moderne de contactoare se disting prin volum și greutate redusă la putere de conectare și număr de manevre mare. Constructorul indică de obicei influența puterii motorului comandat asupra duratei de viață electrică a contactelor; cu cît această putere crește, cu atît numărul garantat al manevrelor sub curent scade. Se apreciază desfacerea ușoară a părților componente (blocuri) și înlocuirea lor rapidă.

Întreruperea dublă a dus, în mod natural, la reducerea cursei electromagnetului [8], a uzurii și a masei acestuia. Ținînd seamă și de mișcarea de translație, cinematica s-a simplificat în consecință.

Firma Klöckner-Moeller a aplicat la o serie recent construită întreruperea cvadruplă însă cu rezultate neconcludente deoarece forța electromagnetului trebuie crescută, iar contactele au forme complicate.

Forma compactă s-a cristalizat prin introducerea carcaselor de material plastic care poartă căile de curent principale și auxiliare, electromagnetul, camerele de stingere cu grătarele metalice [9].

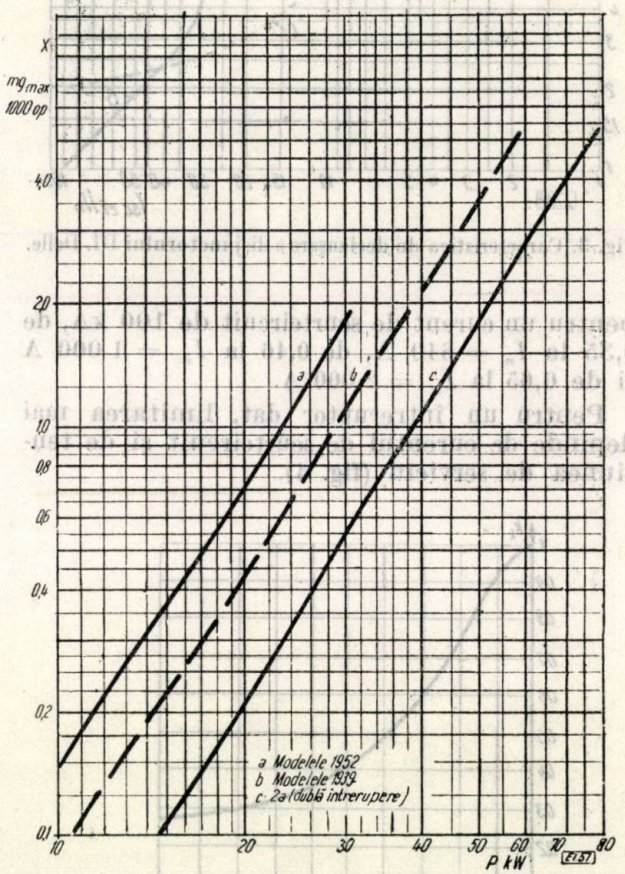


Fig. 6. Reducerea uzurii contactelor la contactoare de motor.

Această formă constructivă, elaborată la început pentru mărimile de 10 și 25 A, s-a extins cu timpul la mărimi pînă la 200 A, formînd serii unitare, mai mult sau mai puțin omogene, cu un procent ridicat de subansambluri egale [17].

Releele termice, de tensiune nulă, și alte dispozitive de protecție se adaugă la contactoare prin conexiuni exterioare simple, fabri-

cile mari constructoare dezvoltînd un sistem extensibil de echipare a contactoarelor.

Numărul de contacte auxiliare se poate alege, existînd variante cu multe contacte de lucru sau de repaus pentru a satisface cerințele crescînde ale automatizării.

Ca exemplu de serii de contactoare „compacte" se pot cita : seria sovietică de contactoare MP, seria ESGO—R.D.G. seria V—R.S.C., seria SMM din R.P.P., seriile AEG, Siemens, Merlin et Gerin, ACEC, Ganz, ASEA etc.

Diferit de aceste serii de contactoare considerate „normale" (AC 3) s-au elaborat serii speciale pentru frecvențe mari de conectări (seria roșie Klöckner—Moeller) și serii pentru „regim greu" (AC 4). Construcția acestora din urmă, dominată de principiul securității absolute, a menținut frecvent mișcarea de rotație a contactelor principale, suflajul magnetic și camerele de stingere cu șicane mult mai mari. Aparatele sînt, în consecință, mai grele și din cauza dispunerii laterale a electromagnetului, cu gabarite relativ mari. Viteza de mișcare a armăturii este redusă pentru a evita uzura.

În curent continuu, evoluția formelor constructive nu a fost atît de spectaculoasă ca în curent alternativ, suflajul magnetic fiind aplicat în mod consecvent. Formele constructive au devenit mai compacte, mai rotunde. Se întrebuințează larg materiale plastice presate.

Adesea părți constructive din contactoarele de curent alternativ se utilizează cu mici modificări în curent continuu, astfel că o serie de contactoare de curent alternativ se proiectează totdeauna așa încît să se acopere concomitent necesitățile de conectare în curent continuu. Puterea de rupere mai redusă a contactorului de curent alternativ se compensează legînd în serie cîte două contacte de curent alternativ, astfel că un contactor tetrapolar de curent alternativ se utilizează drept contactor de curent continuu bipolar.

În general, se pune accentul în construcțiile noi pe maleabilitate, pe număr mare de variante, pe intersanjabilitatea subansamblurilor, în general pe principiul de mare eficacitate a elementelor constructive unitare (Baustein) [23].

4. Tendințe în evoluția tehnică viitoare

4.1. Tendințele generale de dezvoltare se desprind din examinarea compunerii și construcției seriilor unitare de aparate și a principiilor tehnice sau tehnologice moderne, aplicate în cursul anilor, spre a mări eficiența și performanțele aparatelor.

Astfel, în mod cu totul general, rezultă că se tinde la elaborarea de serii unitare complete, sistematizate și organizate spre a face față necesităților complexe interne și de export. Aceste serii conțin nu numai un număr mare de mărimi, repartizate judicios după valori de curenți nominali normalizați de CEI, dar și serii auxiliare de dispozitive conexe în execuții alternative (ca bobinele de acționare în c.a. sau c.c.), relee, declanșatoare, semnalizatoare etc., care se pot atașa după nevoie unui aparat. Astfel, seria unitară de întreruptoare AB — construite în U.R.S.S. — permite realizarea a 5 000 de variante fără includerea șunturilor și a 100 000 de variante cu includerea șunturilor. Este evident că, astfel, cerințele și necesitățile cele mai variate ale beneficiarilor se pot acoperi cu un minim de efort din partea fabricii constructoare.

Serii de acest fel se elaborează pe baza principiului elementelor componente egale, intersanjabile, și al legilor similitudinii, care stabilesc liniile de creștere a dimensiunilor în raport cu performanțele cerute.

Numărul mare de exemplare cerute de beneficiarii industriali face ca aparatele de conectare de joasă tensiune să reprezinte articole ce se pretează la fabricația în serie, în serie mare sau de masă, cu toate consecințele ce rezultă din aceasta [2]. Cu cît subansamblurile seriei vor fi în procent mai mare egale, cu atît numărul lor necesar crește, cu atît mai mult se poate axa producția pe principiile fabricației în serie și în masă, profitînd de metodele fluxului continuu, ale benzilor rulante, ale automatizării, ale specializării pe secții și subsecții de fabricație și, în definitiv, de reducerea corespunzătoare a prețului de cost, concomitentă cu asigurarea unor produse de calitate.

Contactoarele se pretează îndeosebi la fabricarea în masă, ele fiind cerute insistent, în legătură cu progresul automatizării producției, în cantități și variante rapid crescînde. Cererile sînt constante și justifică investiții în modernizarea procesului de fabricație [2].

Utilizarea amplă și corespunzătoare a materialelor noi caracterizează, în mod general, evoluția construcțiilor de aparate de conectare, și această tendință se va menține, respectiv amplifica, în viitor. Ea se aplică, pe de o parte, căilor de curent metalice, în special barelor și contactelor care se vor confecționa din materialul cel mai potrivit din punct de vedere tehnic și economic. Astfel, este de prevăzut că, pentru contactele principale de arc și auxiliare, se vor alege metalele, aliajele, amestecurile sinterizate care să asigure o stabilitate cît mai mare față de solicitările întîlnite în exploatare. Pe de altă parte, în măsură chiar mai accentuată apare tendința de a introduce materialele izolante moderne, în speță rășinile, prelucrate ușor prin presare, turnare, deci prin procedee eficiente.

Izolarea aparatelor în carcase de masă plastică reprezintă o tendință care se observă clar

în ultimii ani de evoluție și se va cristaliza în viitorul apropiat. Contrar așteptărilor, tipurile elaborate astfel au dimensiuni reduse, reprezintă unități compacte, ușor de montat, iar în exploatare asigură o protecție mai eficace a personalului manipulant decît execuțiile „clasice" deschise. Concentrația de putere de rupere în unitatea de volum la aceste aparate crește vertiginos și a atins în ultimul timp valori uriașe ale indicilor, de exemplu peste 500 A_{ef}/dm^2. În același timp, liniile de fugă se pot lungi peste limitele prevăzute în serviciu. Se constată că închiderea în carcasă nu restrînge utilizarea multilaterală în panouri montate pe locul de exploatare sau prefabricate. În schimb, se profită de gabaritele mult reduse, datorite etanșării perfecte a fazelor și utilizării multiple a carcasei de masă plastică, ale cărei calități mecanice, dielectrice și tehnologice sînt deosebite. Se așteaptă apariția și dezvoltarea unor materiale plastice și mai potrivite, ca a policarbonatelor transparente, utile pentru exploatare, ușor de prelucrat și cu un aspect plăcut.

Aparatul de conectare montat în carcase de material plastic va deveni un element de construcție util al panourilor de distribuție interioară în industrii, astfel că este de așteptat o evoluție vie în această direcție.

4.2. Evoluția întreruptoarelor automate se va încadra corespunzător în tendințele generale de dezvoltare arătate; ea comportă însă și trăsături particulare, dependente de natura, scopul, cerințele și performanțele acestor aparate. Trebuie menționat că este destul de greu de a prevedea dezvoltarea viitoare a unei anumite construcții, avînd în vedere numeroșii factori care contribuie la consacrarea și răspîndirea largă a soluțiilor tehnice.

Tabloul evoluției întreruptoarelor de putere este dominat de tendințele de a mări puterea de rupere, care intră în unitatea de volum, și de a mări concomitent numărul total de manevre garantate fără defectări.

Rezolvarea acestor obiective se profilează diferit pentru mărimi sub și peste circa 300 A. Pînă la 300 A, soluțiile moderne abutizează în serii unitare omogene și vor continua să se axeze pe acestea, în carcase de mase plastice, acționarea fiind cu precădere cea manuală. Capacitatea de rupere va trece de la 8 kA, la cele mai mici mărimi, la 16 kA și mai mult, spre a crește de-a lungul seriei la 30 kA și mai mult.

Peste 300 A, începînd, de obicei, cu 500 A, construcțiile cunoscute, numite „clasice", vor fi concurate de numeroase construcții noi, care, punînd în aplicație cele mai noi cunoștințe fizice asupra stingerii arcului electric, se vor baza pe noi principii teoretice și constructive. În această clasă intră construcțiile moderne de „mare putere de rupere", pe de o parte „selective" (adică păstrînd eșalonarea temporară selectivă a declanșării), cele utilizînd principiul autocompensării forței de desfacere a contactelor principale sau auxiliare, datorită curenților de scurtcircuit, și, în sfîrșit, cele care se bazează pe principiul limitării curentului de scurtcircuit, denumite „limitatoare".

În toate aceste clase de aparate care ocupă, îndeosebi, domeniul mărimilor uzuale celor mai mari, activitatea de proiectare și construcție este în plină evoluție și va continua pînă la atingerea unor forme constructive mai cristalizate. Aceste tendințe se desprind la examinarea aparatelor moderne dezvoltate mai ales de industria franceză.

Perspectiva de dezvoltare a seriilor universale și a seriilor în corpuri de masă plastică este încă greu de întrezărit. Se pune întrebarea care dintre cele două criterii constructive are mai multă justificare, și anume:

— serii universale avînd o largă posibilitate privind diverse execuții ale declanșatoarelor și diverse posibilități de acționare, și

— serii în corpuri de masă plastică compacte, dar fără universalitate.

Comparația valorii curenților nominali și de rupere ai celor mai bune aparate ale diverselor execuții, raportată la unitatea de volum, arată că la întreruptoarele automate în corpuri de masă plastică, la același volum, curentul nominal este aproximativ de 2,5 ori, iar puterea de rupere de la 2 la 6 ori mai mare decît la automatele universale. De aici rezultă că, în viitor, trebuie să se acorde preferință construcțiilor compacte în masă plastică.

Dificultatea constă în execuția mărimilor corespunzătoare curenților mai mari decît 600—1 000 A, pentru care sînt necesare mase plastice cu rezistență mare la arc și deosebit de fluide la turnare. De asemenea, sînt necesare mașini mari de presat și matrițe costisitoare pentru serii relativ mici. În consecință, elaborarea în viitor a întreruptoarelor de acest fel va pune la ordinea zilei execuția mașinilor necesare pentru construcția mărimilor de 1 500—2 500 A în corpuri de mase plastice.

Tendința de execuție a întreruptoarelor de mărimi reduse, cu fișe, în vederea lichidării rapide a avariilor va înlătura și greutatea vizitării greoaie a acestui tip, din cauza execuției lor compacte.

Cerințele tehnice particulare față de viitoarele serii de întreruptoare automate cresc continuu. În prezent, dacă se ține seamă de ritmul de creștere a energiei electrice produse și a puterilor instalate, se cer întreruptoare automate care trebuie să lucreze la tensiuni de 660 V, frecvență de 2 500 Hz, temperaturi de la −50 pînă la +85°C, vibrații și șocuri puternice, și la umiditate.

Întreruptoarele de putere pentru curenți nominali de 630, 1 000, 1 600 și 2 500 A trebuie să se dimensioneze pentru a funcționa în rețele

cu o valoare efectivă a componentei simetrice a curentului de scurtcircuit de cel puțin 25, 40, 50, 60 kA, valoarea de vîrf fiind 50, 80, 100, 120 kA.

Protecția la scurtcircuit trebuie să asigure trei forme de declanșare selectivă cu temporizare maximă de 0,6 s. Se cere ca întreruptoarele automate să aibă mai multe caracteristici de temporizare.

Întreruptoarele automate de curenți 200—600 A trebuie să permită 50 000 manevre la I_n — U_n și să aibă o stabilitate mare la uzura electrică, pentru a putea fi utilizate pentru anclanșarea și declanșarea manuală a motoarelor în scurtcircuit în regim de anclanșare, cu curentul de 6 I_n, și de declanșare cu curentul nominal. Se urmărește mărirea sortimentului de declanșatoare, printre altele se prevăd relee de tensiune minimă cu temporizare, astfel ca, în cazul reanclanșării automate pe partea de înaltă tensiune, întreruptorul să nu declanșeze.

Din punct de vedere constructiv se prevede ca întreruptorul să fie realizat dintr-o serie de blocuri de subansambluri ușor interșanjabile.

Se prevede înlocuirea materialului plastic poliesterfenolic, din care se fabrică carcasele și corpurile, cu material pe bază de țesătură de sticlă, care are o mare rezistență la lovire și la arc și a permis ridicarea puterii de rupere a întreruptorului automat de 100 A al firmei Westinghouse de la 16 la 60 kA (valoarea eficace a componentei simetrice).

Se prevede folosirea, în serie cu întreruptoarele de capacitate redusă, a siguranțelor fuzibile cu mare putere de rupere, ce permit ridicarea puterii de rupere a întregului sortiment de întreruptoare automate de la 100 A în sus, la 80 kA (valoare eficace).

Se vor folosi declanșatoare maximale de curent cu lichide, care prezintă avantajul că au o caracteristică independentă de temperatură, în schimb timpul de declanșare depinde de temperatură.

O soluție de viitor este declanșatorul în care temporizarea se obține prin trecerea unui curent de aer printr-o fantă îngustă.

1.3. Evoluția viitoare a contactoarelor. Performanțele urmărite la elaborarea seriilor de contactoare sînt în general:

— număr de conectări totale, peste 10 milioane;

— volum și mai ales înălțime redusă;

— echilibrarea duratei de viață a părților (contacte deschise);

— acces ușor la toate părțile componente;

— carcasă presată din materiale plastice izolante, refractare, purtătoare a părților active (căi de curent, electromagnet), cu ferestre pentru reglarea și întreținerea pieselor interioare;

— creșterea numărului de contacte auxiliare spre a satisface cerințele automatizării;

— electromagneți de acționare cu consum mic de putere și neinfluențabili de remanența magnetică.

Atingerea acestor performanțe trebuie asigurată în cadrul construcției de serii mari unitare „compacte", compuse din elemente distincte ușor de montat sau desfăcut.

La elaborarea seriilor viitoare se are în vedere reducerea la maximum a volumului, reducerea materialelor active, utilizarea multiplă a materialelor, stabilitatea mare la uzura mecanică a pieselor, stabilitatea mare la uzura electrică a contactelor.

Se prevede că seriile viitoare vor fi mai omogene, adică mărimile între 6 și 200 A vor semăna mai mult. În acest scop se așteaptă noi idei constructive, care să asigure o trecere fără discontinuități de la un tip la altul, de la o mărime la alta. Această tendință se observă la seriile mari de contactoare (KM și mai ales SSW). Se proiectează seria întreagă cu toate adaosurile și piesele auxiliare, prevăzîndu-se o mare maleabilitate a echipării, din care rezultă un număr mare de variante.

La contactoare, carcasa nu se prevede să acopere aparatul, ci se preferă execuția deschisă care se poate încadra mai ușor în diferite montaje. În schimb, în această execuție, corpul pe care se fixează diferitele elemente constructive se confecționează din material plastic.

Tendințele de dezvoltare ce se pot constata în particular din examinarea construcțiilor moderne de contactoare se referă la:

Înălțime mult redusă și o construcție compactă a contactoarelor, ce se pot obține prin măsuri constructive, ca plasarea electromagnetului de acționare nu alături, ci în spatele contactelor, cum și prin reducerea camerelor de stingere, respectiv înglobarea lor în carcasa de material plastic. Carcasa poate include pereții de separare a fazelor și camera de stingere, ceea ce contribuie la atingerea unor tensiuni de izolare mari la dimensiuni reduse. Se tinde la construcții la care schimbarea pieselor de contact se poate face fără desfacerea racordurilor.

În circuitul magnetic al electromagnetului de acționare se prevede un întrefier permanent, nealterat de mișcările armăturii, cu scopul de a reduce influența remanenței magnetice, care ar putea să rețină armătura în poziție închisă după anularea curentului de excitare.

Se introduc amortizoare simple și efective (hidraulice sau pneumatice) pentru evitarea uzurii prin șocuri și a sudurii contactelor din cauza vibrațiilor la anclanșare. Relațiile se clarifică mai degrabă pe cale experimentală, rezultînd propuneri pentru construcții perfecționate.

Din cele arătate reiese clar multitudinea, varietatea și complexitatea fenomenelor și, în consecință, a problemelor fizice, tehnice și teh-

nologice de rezolvat în vederea ridicării nivelului tehnic al aparatelor de conectare de joasă tensiune. Dezvoltarea și perfecționarea lor sînt în curs în toate țările industriale. Numărul mare cerut de beneficiarii din toate ramurile industriale implică fabricația în serie cu toate consecințele ce decurg. Orice îmbunătățire a calității, a performanțelor, dar mai ales a duratei de viață, are o influență economică importantă și trebuie considerată cu toate atenția, chiar dacă necesită modificări incomode ale tehnologiei adoptate.

Colectivele de ingineri din serviciile de planificare, de proiectare, de construcție, din fabricație și exploatare, vor putea să-și extragă din cele expuse concluzii pentru domeniul lor specific de activitate, cu scopul de a putea contribui printr-un efort comun coordonat la îmbunătățirea continuă a acestor aparate atît de utile și atît de mult cerute de industria noastră în plină ascensiune.

ANEXĂ

Teoria limitării curentului de scurtcircuit

Premise. Pentru simplificare, circuitul se presupune pur inductiv, iar tensiunea de arc rectangulară, adică apărînd instantaneu și menținîndu-se constantă, ceea ce, la curenți peste 50 kA, se apropie de realitate.

Originea timpului $\theta - \omega t = 0$ se alege la momenul cînd curentul de scurtcircuit este încă zero, tensiunea trecînd prin zero (în avans) în momentul $-\theta_1$ (fig. 2). Arcul începe în momentul θ_a și are tensiunea constantă U_a.

Analiza. Tensiunea electromotoare înainte de apariția arcului este:

$$e = E \sin(\theta + \theta_1), \tag{1}$$

iar curentul prezumat i_p rezultă din ecuația diferențială:

$$e = L \frac{di_p}{dt}. \tag{2}$$

După apariția arcului, curentul limitat i este dat de ecuația diferențială:

$$e - U_a = L \frac{di}{dt}. \tag{3}$$

Definind un „curent de arc" i_a corespunzător ecuației

$$U_a = L \frac{di_a}{dt}, \tag{4}$$

rezultă:

$$L \frac{di}{dt} = L \frac{d(i_p - i_a)}{dt}, \tag{5}$$

deci că, în fiecare moment, curentul limitat este diferența dintre curentul prezumat și curentul de arc:

$$i = i_p - i_a, \tag{6}$$

În condițiile arătate în figura 2, soluția ecuației (4) dă, pentru curentul de arc, expresia:

$$i_a = \frac{U_a}{L\omega}(\theta - \theta_a), \tag{7}$$

care reprezintă pe figură o dreaptă ascendentă. Curentul i se anulează deci în momentul cînd dreapta (7) taie curba curentului prezumat i_p. Tensiunea de arc U_a nu numai că limitează curentul, dar grăbește momentul cînd el se anulează. Ecuația (3) se poate scrie sub forma:

$$\frac{di}{dt} = \frac{e - U_a}{L}. \tag{8}$$

Curentul limitat trece printr-un maxim cînd derivata sa (8) se anulează, adică pentru $U_a = e$, adică unde dreapta tensiunii de arc taie curba tensiunii electromotoare e.

Bibliografie

[1] *Babikov, M. A.* Aparate electrice. Traducere din limba rusă. București, Editura tehnică, 1959.

[2] *Franken, H.* Schütze und Schützensteuerungen (Contactoare și comenzi electrice cu contactoare). Berlin-Göttingen-Heidelberg, Springer, 1959.

[3] *Schonauer, H.* Fortschritte im Bau vom Schützen. In: ETZ-B **5**, nr. 3, 1953, p. 73—76.

[4] *Feiler, G.O.* Kombinirovannaia dugogasitelnaia kamera dlia kontaktora (Cameră combinată pentru stingerea arcului la contactoare). In: Vestnik elektropromîșlennosti, **28** nr. 3, 1957, p. 8—10.

[5] *Berndt, A.* Lichtbogenlöschung in Wechselstrom (Stingerea arcului electric în curent alternativ). In: Elektrie **15**, nr. 4, 1961, p. 124—128.

[6] *Noske, H.* Untersuchungen an kurzen Wechselstromlichtbögen in Luft (Studii cu privire la arcuri scurte în aer în curent alternativ). In: Z. angew. Phys. **10**, nr. 7, 1958, p. 327—336.

[7] *Bronfman, A.* Dvijenie korotkoi electriceskoi dugi v magnitnom pole (Mișcarea arcului electric de mică lungime în cîmpul electric). In: Vestnik elektropromîșlennosti **31**, nr. 7, 1960, p. 52.

[8] *Berndt, H.* Über die Löschung des Wechselstromlichtbogens bei kleinen Trenngeschwindigkeiten der Kontaktstücke. In: Elektrie **15**, nr. 4, 1961, p. 124—128.

[9] *Burkhardt, G.* Untersuchungen über das Lichtbogenverhalten in Löschblechkammern (Cercetări asupra comportării arcului electric în camere de stingere). In: Elektrie **14**, nr. 12, 1960, p. 424—428.

[10] *Burgmeister, C.* Löschkammerstroffe (Materiale pentru camere de stingere). In: Elektrotechnik **20/21**, mai 1958, p. 30—31.

[11] *Drubig, H.* Einfluss von Lichtbogenspannung und Ausschaltervermögens auf die Brauspruchung der Niederspannungsleistungsschalter bei Kurzschlussabschaltungen. VDE-Fachber, **18**, II, 1954, p. 11—16.

[12] *Burkhardt, G.* Über die Ausbildung der Teillichtbögen in Löschblechkammern. In: Elektrie **16**, nr. 8, 1962, p. 270—276.

[13] *Mau, H. J.* Schnellschalter für Wechselstrom, ihre Wirkungsweise und ihr Verhalten in der Anlage. In: Elektrie **14**, nr 12, 1960, p. 418—423.

[14] *Loh, O.* Die Länge des Lichtbogens hoher Stromstärke (Lungimea arcului electric la curenți de mare intensitate). In: Elektrotechn. u. Maschbau **72**, nr. 9, 1958, p. 477.

[15] *Hillgarth, G.* Über die Grenzstromstärke ruhender Kontakte. In: ETZ-A **78**, nr. 15, 1957, p. 211—217.

[16] *Franken, H.* Messung von Kontaktprellungen bei Schaltgeräten. In: ETZ-A **75**, nr. 23, 1954, p. 787.

[17] *Naidarov, E.* și *Hoffrichter, G.* Schaltstükabrandfestigkeit von Schaltstückwerkstoffen für Niederspannungsgeräte. In: Elektrie **15**, nr. 2, 1960, p. 73—74.

[18] *Tucker, N. A.* Electrical contact materials. Survey of their characteristics (Materiale electrice de contact. Caracteristicile lor). In: Electrical revue **164**, ian. 1959, p. 1 127—1 131.

[19] *Richter, R.* Kontakte aus Kadmiumsilber und Silber-Kadmium — Oxyd (Contacte de cadmiu-argint și argint-oxid de cadmiu). In ETZ-B **11**, nr. 2, 1959, p. 38—40.
[20] *Molas, A.* Disjoncteurs-limiteurs à basse tension pour courant alternatif. In: Rev. gen. Électr. **67**, nr. 5, 1958, p. 259—279.
[21] *Blancpain, A.* și *Bonnefois, J.* (Delle). Protection des installations basse tension à courant alternatif par disjoncteurs-limiteurs à hautes performances. In: Bull. Soc. franç. Électr. **8**, nr. 91, 1958, p. 447—458.
[22] *Seegert, R.* și *Beck, W.* Konstruktionsmerkmale moderner Niederspannungsschaltgeräte (Construcții moderne de aparataj de joasă tensiune). In: Elektrie **14**, nr. 12, 1960, p. 429—433.
[23] *Floerke, H.* Das Baustein-Prinzip bei Niederspannungs Verteinlungen. In: ETZ-B **11**, nr. 4, 1959, p. 100—104.

Intrat în redacție la 15.02.1964

Evoluția construcției contactoarelor în ulei de joasă tensiune, cu relee termice

Aristid C. Predoi și Dan Oncică * — București

CZ 621.316.549.064.25 : 621.316.952.44

Ca urmare a ritmului rapid al construcției noilor obiective industriale, comenzile electrice iau o mare amploare și se extind asupra unor domenii vaste, din cele mai variate. Creșterea consumului de energie electrică și introducerea mecanizării și automatizării proceselor de prelucrare pe scară tot mai largă impun sarcini importante [1], [2], [3], în realizarea de aparataj de joasă tensiune [4], într-o execuție corespunzătoare progresului tehnic actual [5]. Începînd cu comanda unor dispozitive simple, apoi cu comenzile mașinilor-unelte clasice, automate sau cu comandă program, continuînd cu comenzile liniilor automate din construcțiile de mașini, cu instalațiile din metalurgie, furnale, laminoare, din diferite alte industrii (alimentară, chimică, forestieră etc.), din transportul urban [6], feroviar sau instalațiile de pe nave [4], nu se poate pretinde că enumerarea utilizării comenzilor electrice este epuizată.

Pe măsura introducerii automatizării, tehnica comenzilor și a reglării influențează dezvoltarea tehnicii aparatelor de conectare [7] și a echipamentelor complexe.

În cele ce urmează, după caracterizarea tendințelor tehnice moderne, autorii prezintă o serie de elemente funcționale și constructive ale contactoarelor automate în ulei, precum și materialul din care se execută, expunîndu-se totodată o serie de considerații teoretice și constructive, neîntîlnite încă în literatura de specialitate, care au fost aplicate de autori. În acest sens se expun următoarele probleme:

— considerații generale funcționale;
— construcția generală;
— calea de curent;
— sistemul magnetic.

Asupra elementelor, contactoarelor necesare pentru comenzile instalațiilor din încăperi separate de procesele de prelucrare, nu se va insista. Construcția lor a fost clarificată anterior [4].

* *A. C. Predoi* este inginer proiectant șef la IPAEIA — București; *D. Oncica* este inginer principal proiectant la I.I.S. „Electroaparataj" — București.

1. Tendințe noi

În realizarea comenzilor electrice se remarcă următoarele tendințe noi:

a) executarea instalațiilor în încăperi separate de procesele de prelucrare;

b) executarea instalațiilor în încăperi în care se desfășoară procesele tehnologice;

c) în instalațiile electrice moderne întreruptoarele automate sînt înlocuite prin contactoare cu relee termice și siguranțe fuzibile [8];

d) contactoarele constituie elementele de bază în tehnica comenzilor prin elemente cu contacte și elemente fără contacte;

e) tendințele enumerate și mai ales cele de la punctele a și b sînt determinate, fie din necesitatea centralizării comenzilor, fie din cauza prezenței unor medii dăunătoare ca: umiditate, temperatură ridicată, praf neutru sau bun conducător, scame sau fibre textile, pulberi inflamabile, vapori chimici corosivi sau explozivi. Aceste medii au un rol dăunător, atît din punct de vedere mecanic (oxidarea și corodarea pieselor), cît și din punct de vedere electric (micșorarea distanțelor de străpungere și conturnare).

Exigențe sporite se impun contactoarelor destinate instalațiilor din încăperi cu mediu dăunător. Potrivit acestor exigențe, se folosesc fie aparate capsulate în carcase de construcție specială, cu contacte în aer, care să asigure un tip de protecție corespunzător, fie aparate ale căror contacte funcționează în ulei.

Pe baza legilor fizice și ținînd seamă de rezultatele experimentale s-a dovedit că durata de viață a contactelor care lucrează în aer este aproximativ de 10—20 ori mai mare decît a celor care lucrează în ulei [9], [10], [11].

Evident, se poate alege tipul de aparat cu funcționare în aer sau în ulei potrivit regimului de lucru în care urmează a lucra. Pentru un regim de lucru caracterizat prin frecvență mare de conectare (600 — 1 200 conectări/h) se va alege tipul de aparat cu funcționare în aer, iar pentru un regim în care durata de viață a contactelor nu are un rol prea mare (pînă la

20 conectări/h) se va alege aparatul cu funcționare în ulei.

De aici rezultă că, ținînd seamă de durata de viață, aparatele în aer sînt cele preferate, dacă se are în vedere și faptul că la aparatele în ulei, după un anumit timp de funcționare a aparatului, uleiul trebuie înlocuit. De asemenea, uleiul mai trebuie înlocuit și în urma unui scurtcircuit. Această ultimă situație a fost rezolvată prin simplificarea contactoarelor automate în ulei. Avînd o putere de rupere redusă prin construcția lor, s-au eliminat releele electromagnetice, iar protecția la scurtcircuit este asigurată cu siguranțe fuzibile calibrate, în conformitate cu reglajul aparatului. Sînt totuși și alte considerații care determină alegerea optimă, considerații legate de simplitatea construcției și de realizarea mai ușoară a unei producții mari, a unui montaj de bandă, cu o tehnologie rațională și simplificată și gabarit economic.

În general, aparatele în aer, capsulate, destinate a funcționa în medii vătămătoare, în special în medii cu pericol de explozie, capsularea se realizează, fie prin garnituri speciale pentru unele tipuri de protecție, fie prin istmul creat din suprapunerea inelelor cutiei și capacului, care trebuie să satisfacă anumite cerințe impuse de normele tehnice în vigoare [12]. În același timp, capacele de la casele bornelor de racordare la rețea și la receptor sînt fixate prin șuruburi cu cap triunghiular, pentru a nu permite decît accesul personalului special instruit și dotat cu instrumentele necesare întreținerii acestor aparate [13].

Prin urmare, dacă se au în vedere considerentele:

— că se mai execută încă, fie instalații electrice complete, fie comenzi individuale în încăperile în care se desfășoară procese tehnologice însoțite de agenți dăunători (umiditate, pulberi sau vapori inflamabili, corosivi sau explozivi);

— că cerința de astfel de aparate este destul de mare, necesitînd chiar o producție de masă;

— că execuția carcaselor contactoarelor automate în aer implică dificultăți tehnologice care lungesc procesul de fabricație, rezultă că construcția contactoarelor automate în ulei merită a fi studiată, analizată și perfecționată pentru cazurile cînd, în instalațiile în care sînt folosite, dezavantajele enumerate anterior nu intervin ca factori hotărîtori, respectiv atunci cînd frecvența manevrărilor nu este atît de ridicată.

2. Analiza și prezentarea elementelor funcționale, constructive și a materialelor

2.1. Considerații generale funcționale. Cunoscînd că la acest tip de contactoare automate atît partea de contactor, respectiv contactele principale și auxiliare, cît și sistemul electromagnetic (miezul magnetic fix cu bobina și miezul mobil) lucrează în ulei, se vor prezenta avantajele funcționale ce decurg din această situație, precum urmează:

— uleiul folosește drept mediu de limitare a arcului electric și de stingere a acestuia, fără a mai fi necesare camere de stingere;

— prezența uleiului asigură o frînare a echipajului mobil, reduce energia cinetică, diminuează șocurile mecanice, asigurînd o amortizare și o limitare a fenomenului de vibrație a contactelor;

— uleiul favorizează răcirea elementelor parcurse de curent;

— de asemenea, prezența uleiului evită utilizarea materialelor costisitoare și deficitare, pentru construcția contactelor.

Aceste considerații funcționale se adaugă avantajelor constructive prezentate anterior la problemele legate de construcția și protecția mecanică.

2.2. Construcția generală. Pentru caracterizarea construcției generale se impun o serie de clasificări:

— după tipul protecției și al construcției metalice: a — protecție P22, în carcasă și cuvă din tablă (execuție ușoară); b — protecție P43, în carcasă și cuvă, fie din tablă (execuție ușoară), fie turnate (execuție grea);

— după modul de montaj al aparatului și posibilitatea de racordare a conductoarelor, conform tabelei 1;

— după tipul acționării și al protecției care o realizează: a — contactoare; b — contactoare automate, cu relee termice și electromagnetice sau numai cu relee termice; c — contactoare automate stea-triunghi.

Se mai pot menționa contactoare cu relee termice cu sau fără aparate de măsură, indicatoare de curent și de tensiune sau numai de curent.

În cele ce urmează se vor prezenta o serie de considerații constructive și numai în ceea ce privește contactoarele automate cu relee termice. Se vor prezenta și unele considerații în legătură cu contactoarele automate stea-triunghi, în ulei.

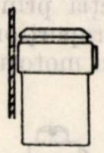
În vederea asigurării protecției la scurtcircuit în instalațiile în care se montează contactoare automate în ulei, cu relee termice sau contactoare stea-triunghi în ulei, cu relee termice, se prevede montarea în amonte a unor siguranțe echipate cu patroane fuzibile calibrate, potrivit cu reglajul releelor, sau siguranțe cu mare putere de rupere.

În tabela 2 sînt indicați curenții releelor termice [14], ai patroanelor calibrate și ai siguranțelor cu mare putere de rupere. În legătură cu tabela 2 se precizează următoarele:

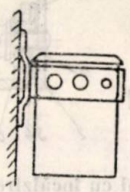
— intensitățile de curent corespund cu indicațiile STAS 4297—60 și publicației CEI nr. 59—38 [15];

Tabela 1

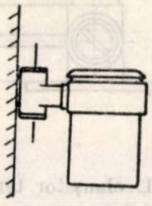
Posibilitățile de montaj al contactoarelor automate în ulei, cu relee termice



Racord din partea din spate, deschisă.

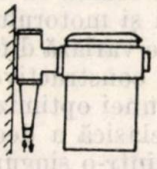


Racord prin flanșe cu găuri de racord laterale, dreapta și stînga.

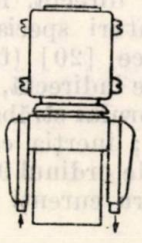


Racord prin flanșe spate cu intrare sus, ieșire jos.

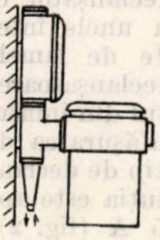
Racord prin capete terminale laterale dreapta și stînga.



Racord prin cutie de cabluri spate și cap terminal.



Racord prin cutie de siguranțe cu capete terminale dreapta și stînga.



Racord prin cutie cu siguranțe, flanșe și capete terminale spate.

— în cazul pornirilor stea-triunghi se aleg siguranțe fuzibile, patroane, respectiv siguranțe cu mare putere de rupere, cu o treaptă inferioară în raport cu pornirile directe prin contactoare automate în ulei, cu relee termice [16].

Reluînd construcția generală se pot enumera principalele elemente constructive componente, precum urmează :

a) construcția mecanică a carcasei și a cuvei ;

b) contactorul cu relee propriu-zis, pe a cărui placă de bază se montează : la partea superioară, bornele de racordare a conductoarelor și declanșatoarele termice ; la partea inferioară, calea de curent cu contactele fixe, miezul magnetic fix cu bobina sau bobinele de atracție, echipajul mobil cu miezul magnetic mobil și contactele mobile.

Tabela 2

Patroane fuzibile calibrate și cu mare putere de rupere necesare a se monta în amonte pentru protecția la scurtcircuit.

Reglajul releului termic A	Curentul siguranței montate în amonte.					
	Contactor automat cu relee termice			Contactor automat stea-triunghi		
	patron fuzibil calibrat		Siguranță cu mare putere de rupere A	patron fuzibil calibrat		Siguranță cu mare putere de rupere A
	rapid A	inert A		rapid A	inert A	
0,5	4	—	—	—	—	—
0,8	4	—	—	—	—	—
1	4	—	—	—	—	—
1,6	6	4	—	—	—	—
2,5	10	6	—	—	—	—
3,5	10	6	—	—	—	—
5	16	10	—	—	—	—
8	25	16	—	—	—	—
10	35	25	—	—	—	—
16	63	50	—	—	—	—
20	63	50	—	50	35	—
25	80	63	80	63	50	63
40	80	63	80	63	50	63
63	100	80	100	80	—	—
80	—	—	160	—	—	100
110	—	—	200	—	—	160
125	—	—	250	—	—	200
160	—	—	350	—	—	250
200	—	—	400	—	—	350
250	—	—	400	—	—	350
315	—	—	600	—	—	400
400	—	—	600	—	—	600
600	—	—	600	—	—	600

Asupra construcției mecanice a carcasei și cuvei nu se insistă, întrucît construcția și dimensionarea lor depind, în ultimă analiză, de modul cum a fost rezolvată construcția celorlalte elemente menționate.

3. Bornele de racordare a conductoarelor și declanșatoarelor termice

3.1. Construcția bornelor de racordare a conductoarelor trebuie să permită accesul ușor în vederea executării legăturilor conductoarelor.

Mărimile șuruburilor și ale conductoarelor de legătură [17] sînt indicate în tabela 3.

Bornele trebuie să asigure și posibilitatea racordării conductoarelor de aluminiu. Această chestiune pune probleme atît în ceea ce privește prevederea de inele de siguranță arcuitoare, cît și calitatea materialului bornei, acoperirea galvanică și, eventual, folosirea șaibelor cupal.

3.2. Construcția declanșatoarelor termice determină două linii constructive, după cum urmează :

Tabela 3

Șuruburile și conductoarele pentru racordul la bornele aparatelor corespunzătoare diferiților curenți nominali			
Curentul nominal al aparatului, *a*	Dimensiunea minimă a șurubului	Secțiunea conductorului de legătură, mm²	
		minim	maxim
16	M4	1,5	4
25— 40	M5	6	16
63—100	M6	16	50
100—200	M8	50	120
200—630	M10	120	2×150
630	M12	2×185	2×240

— construcția la care releele termice sînt introduse în mod fix;

— construcția modernă, la care releele termice se pot însera ușor în calea generală de curent a aparatului. În acest caz se pot menționa două soluții: fie introducerea unor declanșatoare termice pe fiecare fază, fie a unui bloc releu compact trifazat.

Adoptarea oricărei variante constructive este condiționată, înainte de toate, atît de gradul de tipizare, cît și de o serie de alte considerente, dintre care se menționează:

— simplitatea și economicitatea soluției, ceea ce face preferabilă adoptarea declanșatorului termic montat pe fiecare fază;

— introducerea dispozitivului de compensare a temperaturii la varianta sub formă de bloc tripolar; soluția este oarecum neeconomică, deoarece introduce în plus carcasa releului;

— oricare dintre soluții impune un calcul și o dimensionare a declanșatoarelor bimetalice [18],

Tabela 4

Condițiile tehnice de funcționare a declanșatoarelor termice cu bimetal		
Curentul de suprasarcină, multiplu al valorii curentului reglat	Timpul de declanșare	Observații
1,05	Să nu declanșeze în timp de 2 ore	pornirea din stare rece *
1,20**	<2 ore	pornirea din stare caldă ***
1,50	<2 minute	pornirea din stare caldă ***
6,00	<2 secunde <5 secunde	pornirea din stare rece *

* stare rece — temperatura declanșatoarelor este egală cu cea a mediului ambiant, respectiv 20 ± 5°C.

** pentru releele trifazate — curentul de încercare pe 2 faze se admite 1,3 I reglat, iar pe o singură fază 1,4 I reglat.

Pentru releele bifazate — curentul de încercare pe o singură fază se admite 1,3 I reglat.

*** stare caldă — temperatură de regim corespunzătoare curentului reglat, corespunzător temperaturii ambiante, respectiv 20 ± 5°C.

care să asigure eficacitatea protecției [19] în limitele prevăzute în prescripțiile tehnice [20], (tabela 4).

Trebuie remarcat, de asemenea, că declanșatoarele bimetalice asigură protecția prin încovoierea lor, care trebuie să fie proporțională cu curentul care provoacă încălzirea motorului.

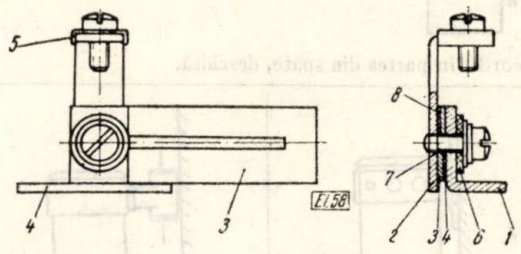


Fig. 1. Declanșator termic cu bimetal cu încălzire directă: *1* — suport declanșator; *2* — clemă de ieșire; *3* — declanșator termic, *4* — izolație; *5* — clemă de strîngere; *6* — rondelă izolantă; *7* — tub izolator; *8* — izolație.

Ținînd seama că constantele de timp ale bimetalului și motorului sînt diferite, și în regimuri diferite variază diferit, este necesar să se adopte soluții constructive pentru declanșatoare în vederea unei optimizări funcționale. De aceea soluția clasică a declanșatorului bimetalic, constînd dintr-o singură lamelă încălzită direct sau dintr-o înfășurare parcursă de curentul care străbate și înfășurarea motorului, a fost adoptată sub forma următoarelor variante:

— declanșator cu încălzire directă, folosind pentru unele intensități șunturi speciale sau pachete de lamele bimetalice [20] (fig. 1);

— declanșatoare cu încălzire indirectă, la care curentul din înfășurarea motorului străbate numai înfășurarea de încălzire; inerția ce o dă acest tip de declanșator este de ordinul 9—11 s, iar soluția este aplicată pentru curenți pînă la 10—15 A (fig. 2);

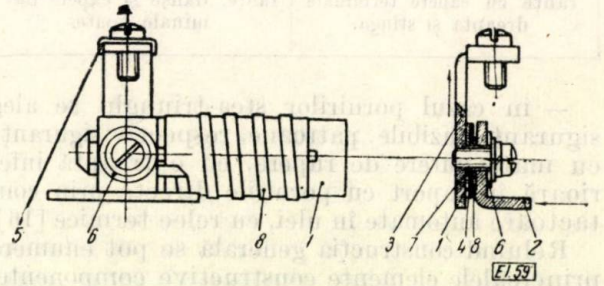


Fig. 2. Declanșator termic cu bimetal cu înfășurare de încălzire:
1 — declanșator termic; *2* — suport declanșator; *3* — clemă de ieșire; *4* — izolație; *5* — clemă de strîngere; *6* — rondelă izolantă; *7* — tub izolator; *8* — înfășurare de încălzire.

— declanșatoare alimentate prin intermediul unor transformatoare reductoare de intensitate cu saturație magnetică; inerția lor poate fi pînă la 40 s și este aplicabilă pentru intensități de la 100 A în sus.

Un interes deosebit prezintă şi construcţia din figura 3, utilizată pentru intensităţi de curent de la 300 A în sus [21]. Soluţia constă

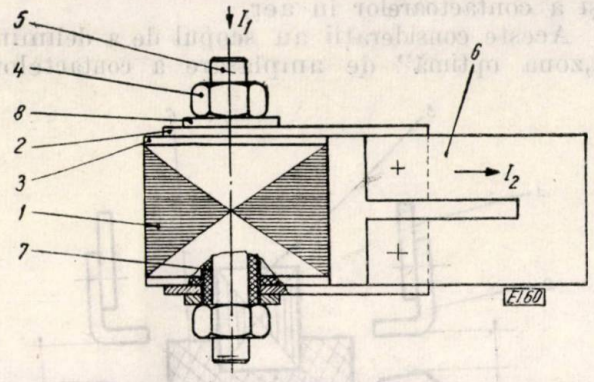


Fig. 3. Declanşator termic cu bimetal şi transformator şunt:

1 — pachet din tole de tablă silicioasă (secundar); *2* — plăci de borne; *3* — rondelă izolatoare; *4* — piuliţă de strîngere; *5* — bară de trecere (primar); *6* — la lamelă bimetalică; *7* — tub izolator; *8* — rondelă conducătoare.

într-un pachet (secundar) de tole din tablă de oţel, montate pe o bară de trecere (primară). Legătura lamelei bimetalice se face la capetele pachetului de tole.

În vederea obţinerii uneia sau alteia dintre intensităţile secundare, se va realiza împache-

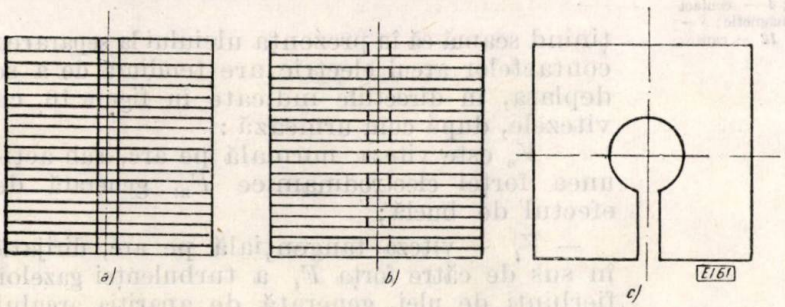


Fig. 4. Tolă pentru transformator şunt şi moduri de împachetare:

a — pachet de tole cu crestăturile aşezate în acelaşi sens; *b* — pachet de tole cu crestăturile aşezate alternativ; *c* — forma constructivă a tolei.

tarea tolelor în modul corespunzător (fig. 4), ceea ce oferă caracteristicile reprezentate în figura 5. Avantajul acestei aşa-numite soluţii

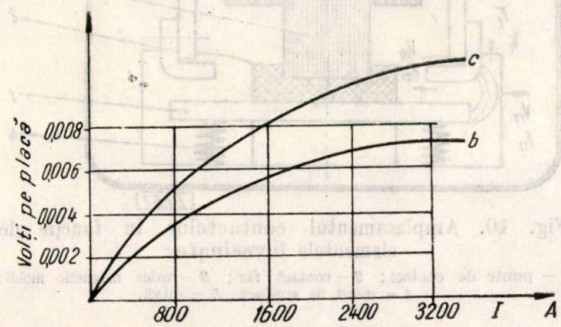


Fig. 5. Caracteristicile transformatorului şunt de curent pentru poziţiile de aşezare a tolelor, corespunzătoare figurii 4, *b* şi *c*.

„transformator şunt" constă în aceea că economiseşte înfăşurarea secundară.

Se subliniază că această variantă de releu, indicată numai sumar în literatură [21], şi neîntîlnită încă în vreun tip de aparat străin

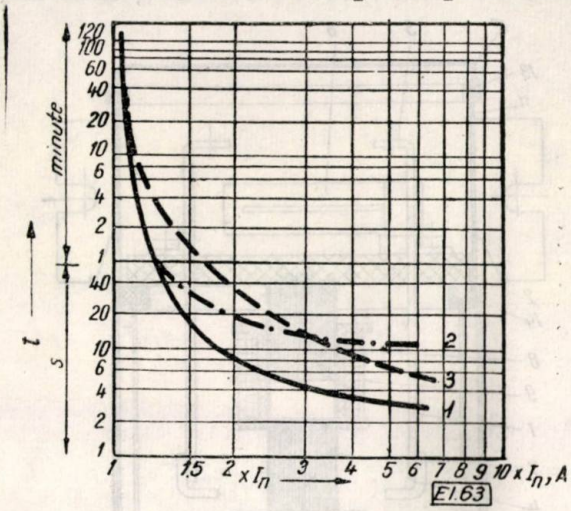


Fig. 6. Caracteristica de protecţie a declanşatoarelor bimetalice:

1 — cu încălzire directă; *2* — cu încălzire indirectă; *3* — alimentat prin transformator cu saturaţie.

pînă acum, a fost materializată de autori sub forma unui bloc „releu termic şi electromagnetic" cu şunt magnetic, cu posibilităţi de aplicare în toate aparatele de joasă tensiune în ulei şi în aer.

Caracteristicile funcţionale ale declanşatoarelor pentru variantele indicate sînt redate în figura 6.

4. Căile de curent şi contactele

4.1. Consideraţii constructive. Căile de curent au aproape în exclusivitate la toate construcţiile realizate de cele mai reprezentative firme, cum şi de cele mai puţin cunoscute, forma generală care rezultă şi din figura 7.

Calea de curent constă în: picioarele de contact, bornele de racord, contactele fixe şi puntea mobilă.

Există şi soluţii constructive cu o singură rupere pe fază.

Traseul complet al căii de curent favorizează efortul formării buclei de curent şi expandarea arcului electric din spaţiul dintre contacte la separarea acestora.

Figura 8 ilustrează cele mai uzuale forme constructive de contacte.

Interesantă este şi soluţia constructivă din figura 9. Această construcţie permite reutilizarea contactelor prin simpla inversare, după un grad de uzură avansat.

Amplasamentul contactelor în raport cu alte elemente componente învecinate prezintă un deosebit interes.

Corelînd forma constructivă a contactelor cu locul amplasării lor în calea generală de curent și referindu-ne la elementele funcționale înve-

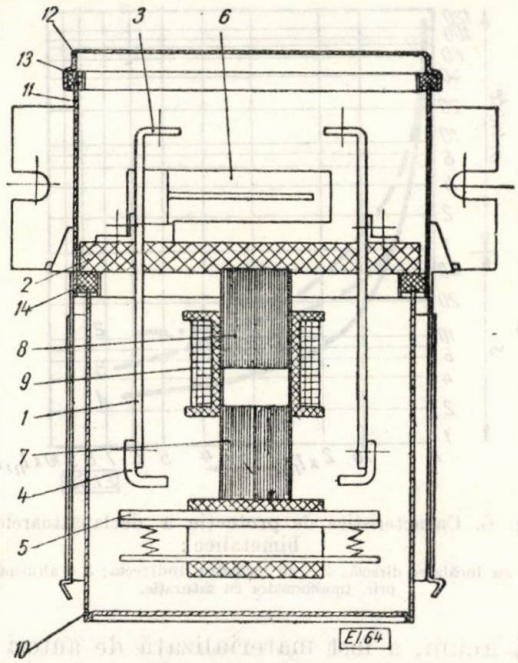


Fig. 7. Construcția generală:

1 – picior de contact; *2* – placă de bază *3* – bornă intrare; *4* – contact fix; *5* – punte de contact; *6* – declanșator termic; *7* – miez magnetic; *8* – miez magnetic fix; *9* – bobină; *10* – cuvă; *11* – carcasă; *12* – capac; *13* –*14* – garnituri.

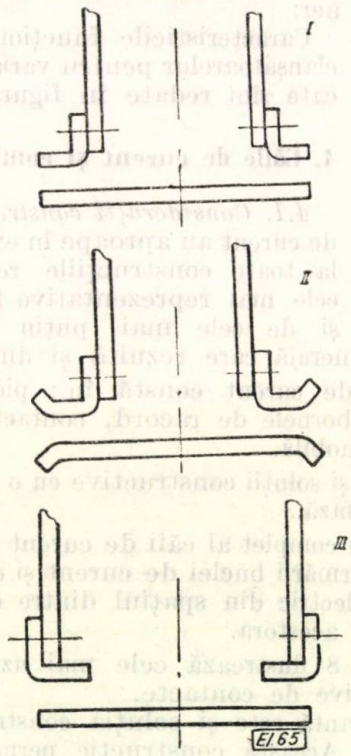


Fig. 8. Diverse forme constructive de contacte:

I – contacte plane; *II* – contacte sub formă de corn/corn: *III* – contacte sub formă de corn/plan.

cinate se pot enumera o serie de considerații, neîntîlnite încă în alte lucrări din literatura de specialitate, și care constituie linii călăuzitoare în munca de concepție și proiectare a contactoarelor automate în ulei și, în general, și a contactoarelor în aer.

Aceste considerații au scopul de a delimita „zona optimă" de amplasare a contactelor,

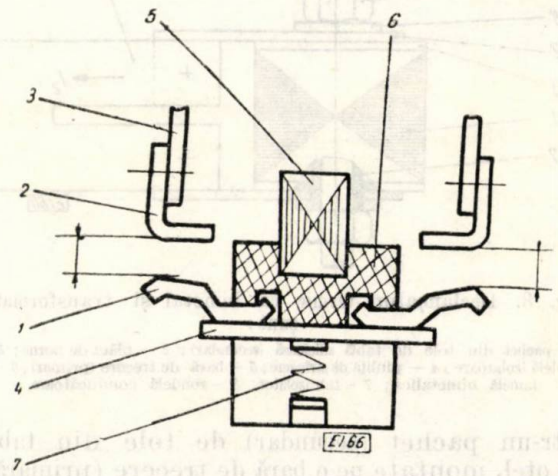


Fig. 9. Sistem de contacte cu contact mobil simetric și punte de legătură:

1 – contact mobil simetric, utilizabil după uzură; *2* – contact fix; *3* – picior de contact; *4* – punte de legătură; *5* – miez magnetic mobil; *6* – suport contacte mobile; *7* – resort contacte.

ținînd seamă că în prezența uleiului la separarea contactelor arcul electric are tendința de a se deplasa, în direcțiile indicate în figura 10, cu vitezele, după cum urmează:

– V_n este viteza normală pe arc, sub acțiunea forței electrodinamice F_n, generată de efectul de buclă;

– V_t – viteza tangențială pe arc, dirijată în sus de către forța F_t a turbulenței gazelor fierbinți de ulei, generată de apariția arcului electric;

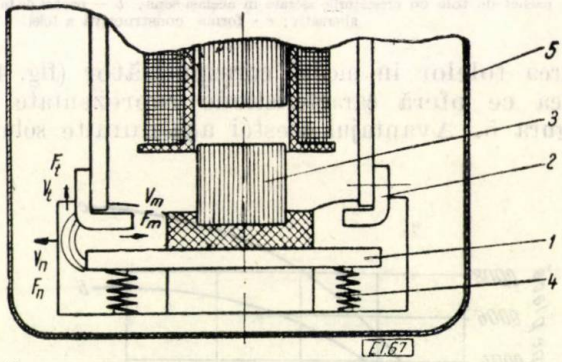


Fig. 10. Amplasamentul contactelor în funcție de elementele învecinate:

1 – punte de contact; *2* – contact fix; *3* – miez magnetic mobil; *4* – resort de contact; *5* – cuvă.

– V_m – viteza dirijată către miezul magnetic, datorită forței de atracție F_m a peretelui metalic.

Considerațiile care se desprind din cele arătate sînt:

— arcul electric trebuie să părăsească neapărat zona contactelor, pentru a le feri de uzura prin perlare; acest lucru se realizează în principal prin deplasarea în sensul vitezei V_n; în acest caz poziția contactelor față de miezul magnetic trebuie aleasă pentru a satisface situația caracterizată de relația:

$$F_n > F_m; \qquad (1)$$

— arcul electric, după ce a părăsit zona contactelor, nu trebuie să ajungă în contact, direct sau prin gaze fierbinți de ulei, cu peretele ateral sau cu fundul metalic al cuvei, ceea ce înseamnă că, pe lîngă deplasarea în sensul vitezei V_n, trebuie să intervină și deplasarea arcului electric în sensul vitezei V_t; în acest caz poziția contactelor față de aceea a miezului magnetic fix, a peretelui lateral și a fundului

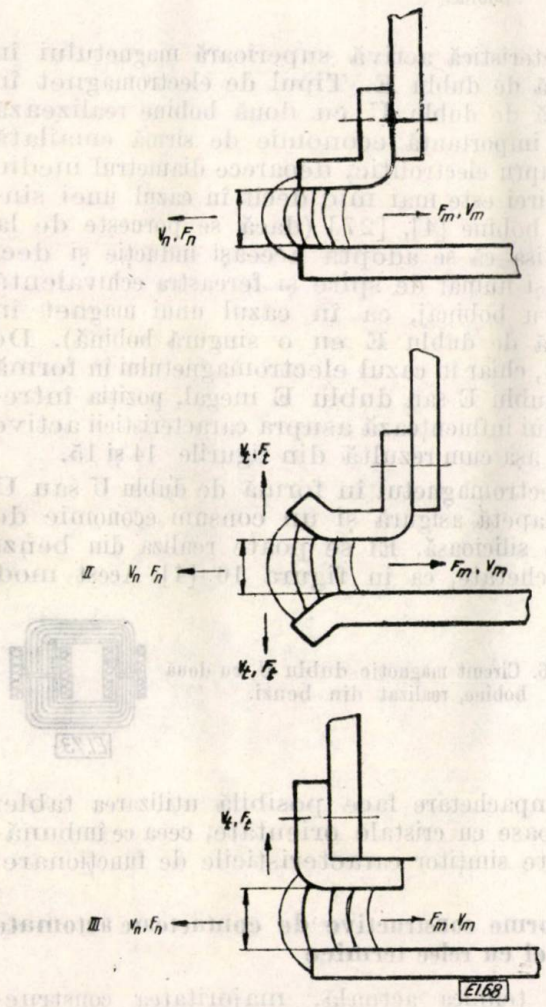


Fig. 11. Influența formei contactelor asupra deplasării arcului electric:
I – contacte plane; *II* – contacte sub formă de coarne; *III* – contacte sub formă de corn/plan.

cuvei trebuie să fie astfel aleasă încît să fie satisfăcută situația caracterizată prin relația:

$$F_n - F_t > F_m. \qquad (2)$$

Considerînd că poziția contactelor a fost amplasată în zona optimă în raport cu miezul magnetic fix, peretele lateral și fundul cuvei, din figura 11, în care sînt reprezentate cele mai

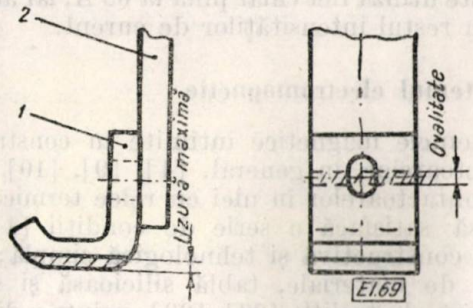


Fig. 12. Ilustrarea egalității ovalității găurii contactului fix cu uzura maximă:
1 – contact fix; *2* – picior de contact.

uzuale forme constructive de contacte întîlnite la majoritatea construcțiilor de contactoare în ulei, se observă că varianta *III* satisface cel mai bine relația (2). Variantele *I* și *II* necesită distanțarea peretelui lateral și a fundului cuvei pentru a evita contactul arcului electric, ceea ce duce la creșterea gabaritului aparatului și, implicit, a suprafeței de montaj a acestuia.

Referitor la contactul fix, se menționează că, în mod constructiv, gaura de fixare pe piciorul de contact trebuie prevăzută cu o ovalitate care să fie egală cu uzura maximă admisibilă (fig. 12).

Pe lîngă acest aspect, ovalitatea este necesară și pentru reglajul mecanic inițial al aparatului, în general, și al poziției corecte funcționale a contactelor, în vederea preluării anumitor abateri rezultate de la execuția pieselor (abateri la îndoiri sau la poziția găurilor). Trebuie subliniat că punțile de contact trebuie să mai îndeplinească și următoarele condiții dimensionale [4]:

— greutate redusă pentru evitarea energiei cinetice, care ar provoca șocuri și vibrații excesive;

— lungime redusă și judicios aleasă, pentru evitarea fenomenului de rezonanță a contactelor;

— dimensionare economică, pentru evitarea risipei de metal.

4.2. Considerații privind materialele. Construcția în ulei a contactoarelor asigură contactele împotriva reacțiilor de oxidare și coroziune sub acțiunea unor agenți vătămători. Privită sub acest aspect, problema realizării contactoarelor în ulei nu implică alegerea unor materiale speciale sau combinații de profile placate.

Se recomandă a se utiliza contacte din cupru electrolitic, sub formă de profile sau bară trasă, calitatea „tare" reprezentînd cea mai bună soluție.

Picioarele de contact se execută din fier pînă la 25 A, apoi din alamă pentru curenți pînă la 100 A, iar pentru curenți mai mari, din cupru electrolitic. Prin supradimensionări se poate utiliza fier chiar pînă la 63 A, iar alama, pentru restul intensităților de curent.

5. Sistemul electromagnetic

Sistemele magnetice întîlnite în construcția contactoarelor, în general, [4], [9], [10], [11] și a contactoarelor în ulei cu relee termice trebuie să satisfacă o serie de condiții [4] ca: formă constructivă și tehnologică simplă; economie de materiale, tablă silicioasă și sîrmă de cupru electrolitic [22], [23], printr-o dimensionare optimă [10], [24], [25]; să asigure caracteristica activă optimă, funcționarea corectă în raport cu limitele de tensiune stabilite prin prescripțiile tehnice în vigoare [26], [27], [28]; fixarea mecanică corespunzătoare în ansamblul aparatului [29], care să realizeze o funcționare silențioasă și sigură [30], [31], [32], [33].

Este necesar a sublinia că adevărul principiilor științifice trebuie păstrat și folosit fără a se ține seamă de avantajul pe care îl oferă caracterul economic constructiv și tehnologic al diferitelor soluții.

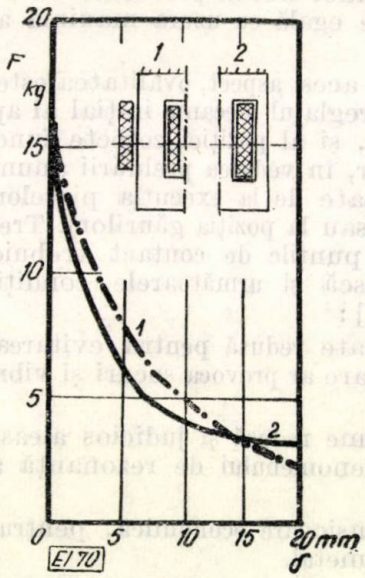


Fig. 13. Caracteristica de atracție pentru electromagneți:
1 – dublu U cu două bobine; *2* – dublu E.

Astfel, pentru a nu avea dispersiune magnetică la un circuit feromagnetic, solenația trebuie să se găsească, în cea mai mare parte, în dreptul întrefierului [34]. Este satisfăcut astfel principiul de repartiție optimă a solenației, proporțională cu reluctanța, deoarece întrefierul are permeabilitate magnetică mică și reluctanță mare. Figura 13 [28] ilustrează și confirmă acest lucru, respectiv circuitul magnetic în formă de dublu U, al cărui întrefier este cuprins în interiorul celor două bobine, plasate fiecare pe cîte un braț, și care oferă o

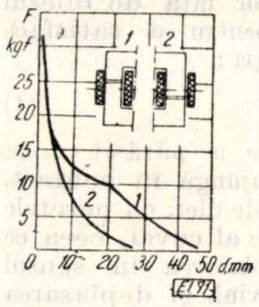


Fig. 14. Influența poziției întrefierului asupra caracteristicii de atracție la un magnet dublu U cu două bobine.

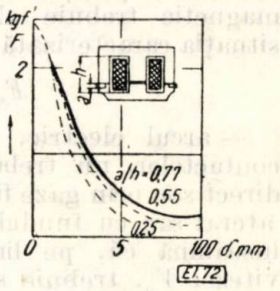


Fig. 15. Influența poziției întrefierului asupra caracteristicii de atracție la un magnet dublu E, inegal.

caracteristică activă superioară magnetului în formă de dublu E. Tipul de electromagnet în formă de dublu U cu două bobine realizează și o importantă economie de sîrmă emailată de cupru electrolitic, deoarece diametrul mediu al spirei este mai mic decît în cazul unei singure bobine [4], [27] (dacă se pornește de la premisa că se adoptă aceeași inducție și deci același număr de spire și fereastra echivalentă pentru bobinaj, ca în cazul unui magnet în formă de dublu E cu o singură bobină). De altfel, chiar în cazul electromagnetului în formă de dublu E sau dublu E inegal, poziția întrefierului influențează asupra caracteristicii active [10], așa cum rezultă din figurile 14 și 15.

Electromagnetul în formă de dublu U sau U cu clapetă asigură și un consum economic de tablă silicioasă. El se poate realiza din benzi împachetate, ca în figura 16 [4]. Acest mod

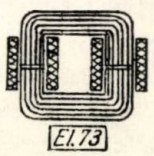


Fig. 16. Circuit magnetic dublu U, cu două bobine, realizat din benzi.

de împachetare face posibilă utilizarea tablei silicioase cu cristale orientate, ceea ce îmbunătățește simțitor caracteristicile de funcționare.

6. Forme constructive de contactoare automate în ulei cu relee termice

În tehnica actuală, majoritatea construcțiilor de contactoare automate în ulei, cu relee termice, urmăresc aproape neabătut construcția generală reprezentată în figura 7. Caracterul original al construcțiilor diferitelor firme străine constă în modul în care asociază diferitele părți componente. Modul de realizare într-o construcție miniaturală a fiecărui element component duce la gabaritul final redus al aparatului,

care determină volumul total și, în ultimă analiză, suprafața de montaj.

Principiul actual de apreciere a construcțiilor de aparate este acela după suprafața de montaj ocupată în funcționarea și exploatarea normală [4]. Potrivit acestui principiu, în tabela 5 sînt înscrise comparativ dimensiunile diferitelor construcții ale unor firme străine mai reprezentative. În tabela 6 se prezintă sub același aspect contactoarele automate stea-triunghi, realizate cu aceleași tipuri de contactoare în ulei indicate în tabela 5.

Tabela 5

Comparație între suprafețele de montaj ale diferitelor tipuri de contactoare automate în ulei, cu relee termice, fabricație străină

Curentul nominal A	Suprafața de montaj A × (B + C), mm²				
	FANAL	EAW-TREPTOW	GRIMMA	GANZ	ČSR
16	—	114×(185+ 70)	—	—	—
25	150×(235+110)	—	120× (203+132)	160× (175+ 80)	180× (235+130)
40	—	—	—	—	214× (286+155)
63 (80)	200 (300+165) (80A)	167× (295+125) (60A)	184× (280+115) (60A)	218× (305+120) (60A)	233× (305+180) (60A)
100—125 (120)	375 (295+210) (120)	305 × (473+235) 125A	345× (405+250) 100A	—	242× (335+180)
200	360× (460+300)	290× (595+307)	410 × (450+250)	265 × (380+160)	—
400 (360)	660× (680+350)	—	—	—	—
600	660× (680+350)	—	—	630 × (730+310) (350—600)	—

Intensitățile de curent scrise în paranteză reprezintă valori nenormalizate.

Tabela 6

Comparație între suprafețele de montaj ale diferitelor tipuri de contactoare automate, stea-triunghi, în ulei, cu relee termice

Curentul nominal A	Suprafața de montaj A × (B + C), mm²				
	FANAL	EAW-TREPTOW	GRIMMA	GANZ	ČSR
(8)— 16	240× (291+160)	—	340× (210+125)	—	—
(15)— (30)	325× (375+240)	—	—	—	355× (235+130) 25 A
40 — (80)	506× (315+165)	336× (312+125) 100 A	420× (280+115) (60A)	260× (245+90) (40A)	476× (286+155) 40 A 480× (305+180) (60A)
(60)—(120)	1 100×(540+300)	—	715× (437+220) 100 A	380× (400+160) (120 A)	545× (360×200) 100 A
100 — 200	1 120×(580+300)	582× (700+235)	1 050× (493+260	—	—
(180)—(360)	1 460×(680+350)	—	—	442× (445+210) (250 A) 1 720× (730+310) (350 A)	—
200 — 400	1 460×(680+350)	—	—	—	—

Intensitățile de curent scrise în paranteză reprezintă valori nenormalizate.

Primele tipuri de contactoare în ulei, cu relee termice, construite în țara noastră, sînt cunoscute sub denumirea de automate DITU. Construcția acestor aparate, ca și a altor tipuri,

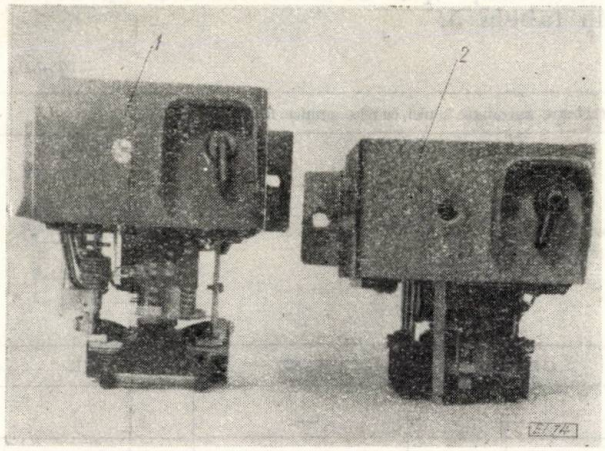


Fig. 17. Comparație între tipurile DITU 25 B și DITU 25 C, avînd cuvele demontate : *1* — DITU 25 B ; *2* — DITU 25 C.

se datorește înființării fabricii „Electroaparataj" din București, una dintre primele creații ale regimului democrat-popular în domeniul industriei electrotehnice. Inițial, aparatele automate în ulei au fost realizate în două variante : DITU 25 și DITU 100 pentru curenții nominali de 25, respectiv 100 A. Pînă nu de mult aceste variante erau prevăzute, în afară de releele termice, și cu relee electromagnetice. Din motivele indicate anterior, s-a renunțat la echiparea lor cu relee electromagnetice, subliniindu-se necesitatea montării în amonte a unor siguranțe fuzibile calibrate, în conformitate cu reglajul releelor termice, corespunzător cu datele înscrise în tabela 2. Începînd din

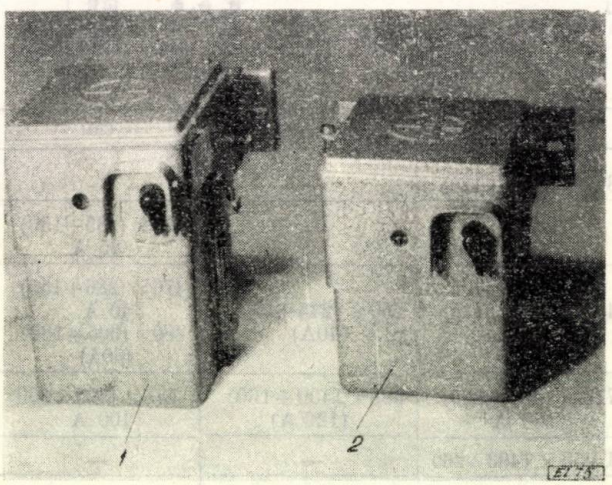


Fig. 18. Comparație între tipurile DITU 25 B (vechi) și DITU 25 C (nou), aparatele montate complet : *1* – DITU 25 B ; *2* – DITU 25 C.

anul 1954 tipul DITU 25 A, prevăzut cu o carcasă din fontă, a fost înlocuit cu un tip nou, DITU 25 B, cu carcasă din tablă, ceea ce a asigurat reducerea greutății aparatului și o importantă simplificare a tehnologiei.

Printr-o serie de reproiectări ale subansamblurilor pîrghie declanșatoare, zăvor și sistem electromagnetic s-a putut trece la realizarea cuvei aparatului prin ambutisare în loc de sudură, ceea ce a adus o serioasă simplificare a tehnologiei și o reducere sensibilă a gabaritului, așa cum rezultă din figurile 17 și 18. În felul acesta tipul DITU 25 B a fost înlocuit prin tipul DITU 25 C.

Prin reproiectarea amintită s-a redus numărul de repere, s-au înlocuit reperele executate prin strunjire sau presare din bachelită prin repere executate prin ștanțare, s-a eliminat complet utilizarea șuruburilor și a găurilor filetate, ajungîndu-se la un montaj pur manual, printr-o simplă îmbinare a reperelor. La automatul DITU 100 s-a făcut și o tipizare a elementelor, extinzîndu-se și la acest tip de aparat zăvorul de la DITU 25.

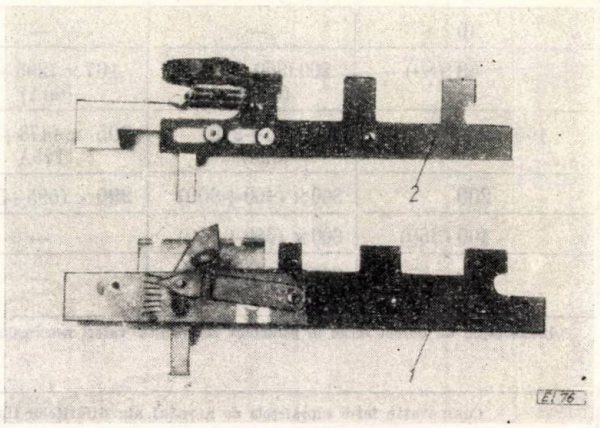


Fig. 19. Comparație între elementele pîrghie declanșatoare : *1* — vechi ; *2* — reproiectat.

Simplitatea noilor construcții de pîrghie declanșatoare și zăvor este arătată în figurile 19 și 20.

La reproiectarea sistemului electromagnetic s-a adoptat forma circuitului magnetic în formă de U cu clapetă și două bobine (fig. 21 și 22).

Montarea bobinelor pe brațele miezului magnetic fix s-a realizat în mod elastic prin intermediul unor bile de rulment și al unui resort elicoidal din sîrmă coardă de pian ; asamblarea miezului magnetic mobil pe echipajul mobil s-a realizat cu ajutorul unor ancore ștanțate (fig. 23), iar între miez și suportul mobil s-au introdus două resoarte amortizoare, care au rolul de a absorbi și atenua șocurile.

Subansamblul echipaj mobil pentru tipul dublu E vechi și tipul U cu clapetă nou este reprezentat comparativ în figura 24.

În felul acesta s-au obținut : o reducere a greutății circuitului magnetic cu aproximativ 100 g ; o reducere a greutății miezului magnetic mobil cu aproximativ 225 g ; o economie de timp la

montaj, de aproximativ 10 min; o reducere a înălțimii cuvei de la 120 la 80 mm.

Din cele prezentate rezultă că: din economia de tablă silicioasă realizată anual se pot executa electromagneți pentru aproximativ 8 000 aparate; din economia sîrmei de cupru electrolitic emailată se pot realiza bobine pentru aproximativ 17 000 de aparate; din economia de manoperă se asigură montajul pentru aproximativ 7 000 de aparate.

Aspectele cantitative pozitive enumerate au fost urmate de o serie de rezultate pozitive, calitative, așa cum rezultă din caracteristicile prezentate în figura 25. Regiunea hașurată cuprinsă între cota *a-b* din figura 25-*I* arată cu cît a fost redusă energia cinetică înmagazinată în timpul cursei libere a echipajului mobil

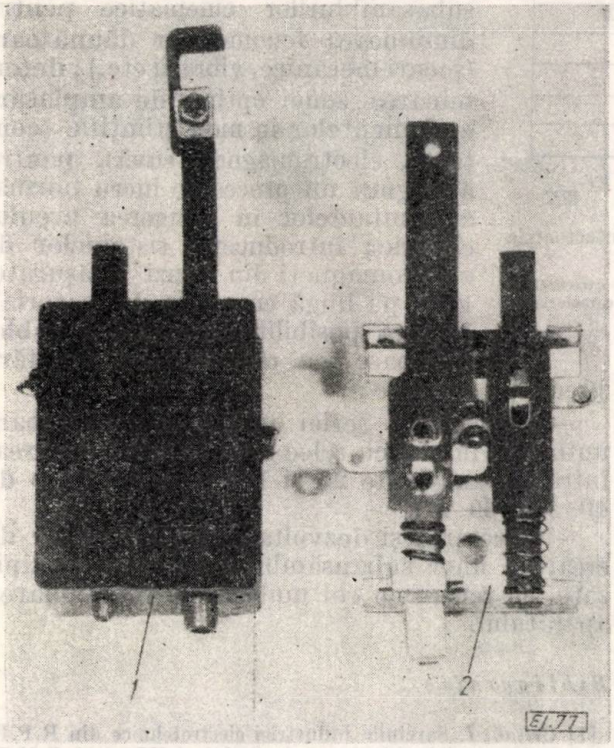


Fig. 20. Comparație între elementele zăvor:
1 – vechi; *2* – reproiectat.

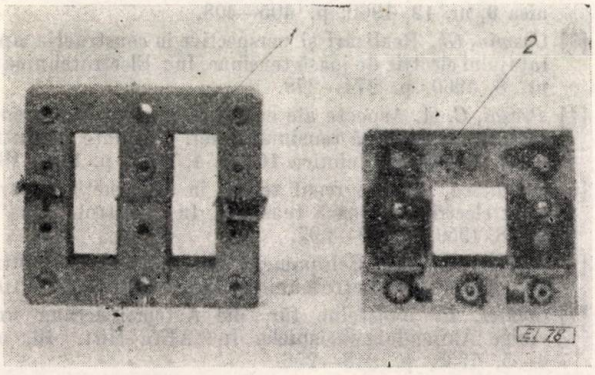


Fig. 21. Comparație între circuitele magnetice dublu E (DITU 25 B) și U cu clapetă (DITU 25 C):
1 – dublu E (vechi); *2* – U cu clapetă, reproiectat.

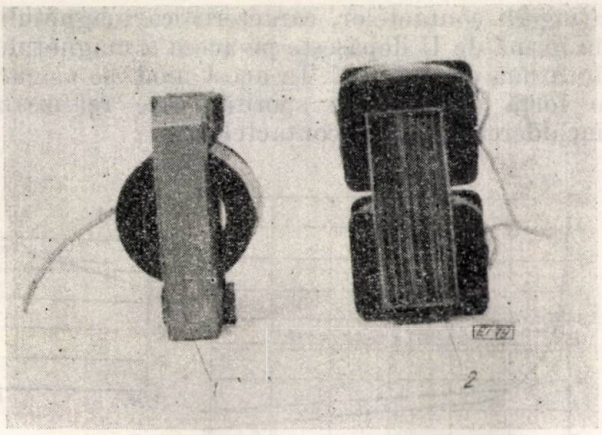


Fig. 22. Comparație între electromagneții montați:
1 – de la DITU 25 B; *2* – de la DITU 25 C.

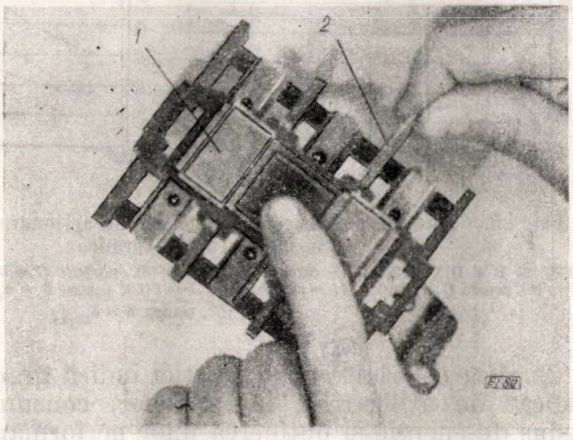


Fig. 23. Montarea manuală a miezului magnetic mobil:
1 – cu ajutorul ancorelor; *2* – pe suportul mobil al contactelor.

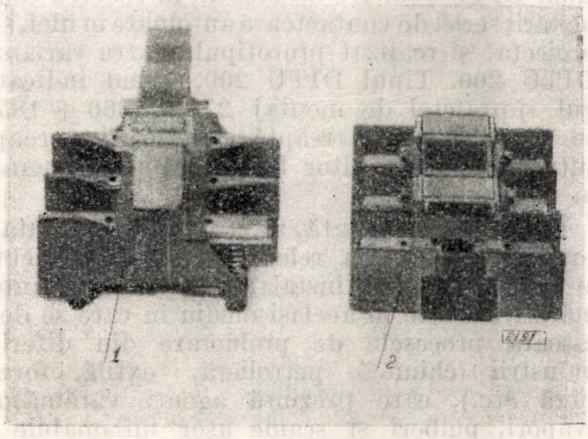


Fig. 24. Comparație între echipajul mobil montat:
1 – de la DITU 25 B; *2* – de la DITU 25 C, reproiectat.

al sistemului cu magnet în formă de U față de sistemul cu magnet în formă de E. Această micșorare de energie diminuează intensitatea șocurilor mecanice ale contactelor și ale magnetului, respectiv fenomenul de vibrație a contactelor. Urmărind procesul de închidere a electromagnetului, din aceeași figură se observă că din punctul *b*, care reprezintă momentul

atingerii contactelor, caracteristica magnetului în formă de U depășește pe aceea a magnetului în formă de dublu E. În acest mod se asigură o forță de atracție sporită, care realizează închiderea fermă a contactelor.

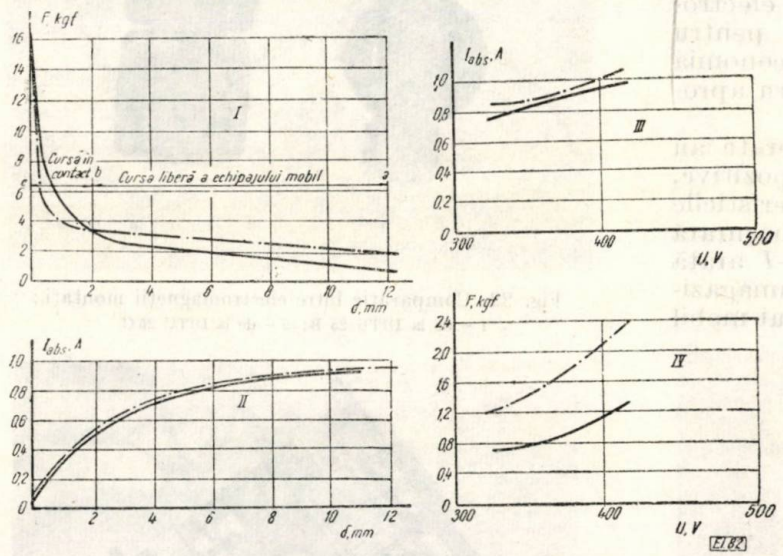


Fig. 25. Caracteristicile electromagneților de acționare de la contactoarele în ulei, cu relee termice:

DITU 25 B și DITU 25 C: *I* – caracteristica $F = f(\delta)$, pentru $U = 380$ V; *II* – caracteristica $I = f(\delta)$, pentru $U = 386$ V; *III* – caracteristica $I = f(U)$, pentru $\delta = \sigma_{max}$; IV – caracteristica $F = f(U)$, pentru $\delta = \delta_{max}$.

Analiza celorlalte caracteristici indică gradul ridicat de utilizare a materialelor, consumul redus de energie și obținerea unor performanțe superioare în funcționare. Îmbunătățiri și perfecționări similare sînt în curs de realizare și la tipul DITU 100. De asemenea, în vederea completării seriei de contactoare automate în ulei, s-a proiectat și realizat prototipul pentru varianta DITU 200. Tipul DITU 200, avînd indicativul suprafeței de montaj $278 \times (360 + 185)$, se situează pe o treaptă superioară aproape tuturor tipurilor altor firme străine enumerate în tabela 5.

În forma prezentată, seria unitară de contactoare automate cu relee termice va concura la realizarea unor instalații electrice de automatizare aflate în același mediu în care se desfășoară procesele de prelucrare din diferite industrii (chimică, petrolieră, textilă, forestieră etc.), care prezintă agenți vătămători (vapori, pulberi și scame ușor inflamabile și corosive, umiditate etc.), iar în combinație cu seria nouă de cutii închise din tablă va putea forma tablouri capsulate.

7. Concluzii

La proiectarea contactoarelor automate în ulei, cu relee termice, atenția trebuie îndreptată, în special, spre următoarele principii călăuzitoare:

— adoptarea tipurilor de declanșatoare termice care să ofere un regim de lucru analog aceluia al motoarelor;

— aplicarea economicoasă a materialelor cu un înalt grad de utilizare printr-o evaluare științifică corespunzătoare;

— introducerea cu îndrăzneală a celor mai simple și potrivite soluții constructive, care duc la un montaj simplu, ansambluri compacte, gabarite reduse și economice, productivitate și întreținere lesnicioasă în exploatare (fixări prin îmbinări, legături elastice, evitarea utilizării șuruburilor);

— introducerea unor principii generale constructive în: realizarea subasamblurilor cinematice pentru diminuarea fenomenelor dăunătoare (șocuri mecanice, vibrații etc.); determinarea zonei optime de amplasare a elementelor în mod științific (contacte, electromagnet, cuvă), pentru a asigura un proces de lucru normal al contactelor în stingerea arcului electric; introducerea sistemelor de electromagneți din benzi înfășurate, care, pe lîngă economia de material, asigură posibilitatea utilizării tablei silicioase, cu cristale orientate, fără precauții speciale;

— completarea seriei unitare de contactoare automate în ulei cu relee termice prin înserarea, între variantele de 25 și 100 A, a unui tip de 40 sau 60 A;

— cercetarea și dezvoltarea posibilităților de creare a unor subansambluri unificate și tipizate, cu repere cu rol multiplu în funcționarea aparatului.

Bibliografie

[1] *Crișan, I.* Sarcinile industriei electrotehnice din R.P.R. în lumina Directivelor Congresului al III-lea al P.M.R. In: Electrotehnica **8**, nr. 8, 1960, p. 267—284.

[2] *Crișan, I.* Industria electrotehnică, factor important în realizarea planului de electrificare. In: Electrotehnica **8**, nr. 12, 1960, p. 405—408.

[3] *Cosmin, Gh.* Realizări și perspective în construcția aparatajului electric de joasă tensiune. In: Electrotehnica **8**, nr. 8, 1960, p. 274—279.

[4] *Predoi, C. A.* Aspecte ale evoluției constructive a contactoarelor de joasă tensiune în aer. Tendințe și contribuții. In: Electrotehnica **10**, nr. 4, 1962, p. 119—135.

[5] *Simulescu, D.* Progresul tehnic în construcția aparatelor electrice de joasă tensiune. In: Electrotehnica **7**, nr. 8, 1959, p. 289—297.

[6] *Huhulescu, M.* Echipament electric modern pentru troleibuze. In: Electrotehnica **7**, nr. 3, 1959, p. 91—100.

[7] *Gothier, H.* Bausteine für die Automatisierung und einige Anwendungsbeispiele. In: AEG, Mitt. **48**, nr. 4—5, 1958, p. 248—256.

[8] *Predoi, C. A.* Aspecte și tendințe noi ale evoluției construcției siguranțelor fuzibile de joasă tensiune. In: Electrotehnica **9**, nr. 12, 1961, p. 429—446.

[9] *Metzger, F.*: Neuere Entwicklungslinien bei Niederspannungs Schaltgeräten. In: ETZ—A, **78**, nr. 10, 1957, p. 345—353.
[10] *Franken, H.* Schütze und Schützensteurungen Berlin, Springer Verlag, 1959.
[11] * * * Luftschütze, Oelschütze. Schützkombinationen, Metzenauer und Jung, G.M.B.H., Wupertal, FANAL, catalog.
[12] STAS-Plan 652—62. Aparate electrice protejate împotriva exploziilor.
[13] *Huhulescu, M.* Tendințe moderne în construcția aparatelor electrice antigrizutoase. In: Electrotehnica **7**, nr. 12, 1959, p. 428—435.
[14] STAS 4297—60. Aparate electrice — Curenți nominali.
[15] Publicația CEI nr. 59—38.
[16] Ölschalter für Niederspannung — „Transelektro" — GANZ.
[17] STAS 553—60. Aparate de conectare pînă la 1 000 V și 3 500 A.
[18] *Cosmin, Gh.* și *Tomoiagă, R.* Contribuții la calculul releelor termice pentru protecția motoarelor. In: Electrotehnica **8**, nr. 7, 1960, p. 233—243.
[19] *Huhulescu, M.*: Eficacitatea protecției prin relee bimetalice. In: Electrotehnica **9**, nr. 7, 1961, p. 236—244.
[20] *Mayer, H.* Neue Bimetallauslöser mit Paketstreifen. In: AEG, Mitt. **48**, nr. 4—5, 1958, p. 232—235.
[21] *Stupeli, F. A.* Relee de protecție și automatizare (traducere din limba rusă). București, Editura energetică de stat, 1952.
[22] *Cosmin, Gh.*: Determinarea dimensiunilor optime ale electromagneților de curent alternativ monofazat. In: Electrotehnica **8**, nr. 11, 1960, p. 379—385.
[23] *Saharov, P. V.* și *Pekker, I. I.* Sravnenie priamohodnîh magnitnîh sistem kontaktorov peremenovo toka. In: Vestnik electropromîșlennosti **20**, nr. 4, 1949, p. 18—24.
[24] *Rziha, V.* Starkstromtechnik, Berlin Ernst, 1959.
[25] *Miheev, F. D.* și *Moghilnikov, V. S.* K rasciotu elektromagnita s korot kozamknutîm vitkom pri postoiannom potokosțeplenii. In: Elektricestvo **76**, nr. 9, 1952, p. 3—6.
[26] *Schönauer, H.* Auswirkungen von Netzspannungsschwankungen bei ferngesteuerten Schaltgeräten. In: AEG, Mitt. **48**, nr. 4—5, 1958, p. 225—229.
[27] *Careson, I. E.* Nouveaux contacteurs pour 25—100 A. In: ASEA-Rev. **31**, nr. 4, 1959, p. 75—80.
[28] *Friederich, H.* și *Schlager, R.* Wechselstrom — Luftschuttze mit geringer Schaltgeschwindigkeit. In: ETZ—B, **12**, nr. 23, 1960, p. 566—570.
[29] *Steinberg, C.* Calculul spirei în scurtcircuit. In: Probleme și realizări elektrotehnice, Craiova, 1957, p. 23—31.
[30] *Sevcenko, S. M.* Dolgovecinosti korotkozamknutogovitka magnitnîh sistem kontaktorov peremenovo toka. In: Vestnik electropromîșlennosti **32**, nr. 11, 1961, p. 51—54.
[31] *Steinberg, C., Ionescu, C.* și *Panaite, V.* Studiul experimental al repartiției și defazajului fluxurilor în circuite magnetice ramificate. Craiova, 1957.
[32] *Steinberg, C., Ionescu, C.* și *Panaite, V.* Teoria și proiectarea aparatelor electrice. București, Litografia Ministerului Învățămîntului, 1958.
[33] *Steinberg, C.* și *Panaite, V.* Pulsația forței de atracție, la electromagneții monofazați. In: Electrotehnica **7**, nr. 12, 1959, p. 435—443.
[34] *Răduleț, R.* Bazele teoretice ale electrotehnicii, vol. II. Electrotehnica — electrodinamica, București, Editura energetică de stat, 1954.

Intrat în redacție la 19.04.1963

Conferința internațională a femeilor ingineri și oameni de știință

CZ 061.3 (100) : 62 „1964"

Între 15 și 21 iunie 1964 a fost convocată la New York — U.S.A., prima Conferință internațională a femeilor ingineri și oameni de știință, la care se va analiza necesitatea mereu crescîndă, la nivel mondial, a cadrelor de ingineri și oameni de știință cu înaltă pregătire; se va examina natura dezvoltării intense a acestor cerințe.

Conferința va fi deschisă de dr. Lillian M. Gilbreth, director consultant și inginer de renume mondial. Lucrările conferinței vor fi împărțite pe sesiuni și se vor prezenta circa 50 de articole și referate tehnice.

În primele patru sesiuni se va discuta despre stadiul actual al modului în care inginerii contribuie la dezvoltarea științei și tehnicii în folosul omenirii și modul în care ei deschid căi noi în viitor. În sesiunea a 5-a se vor examina cerințele de ingineri și oameni de știință, iar sesiunea finală va fi destinată pentru aprecierea rezultatelor sesiunilor anterioare și pentru a se face propuneri concrete în vederea atingerii țelului conferinței.

Educatori, pedagogi, personal de conducere etc., sînt invitați să se întîlnească la această conferință cu ingineri și oameni de știință, cu reprezentanți ai cercurilor de afaceri ai industriei și ai guvernului.

Lucrările conferinței vor începe în ziua de 17 iunie 1964, la Centrul Asociației inginerilor, lîngă Pavilionul Națiunilor Unite.

La 15 iunie — „Ziua femeilor ingineri și oameni de știință" — toți invitații conferinței vor participa la Tîrgul internațional de la New York, iar la 16 iunie se va organiza o excursie cu caracter tehnic la un centru nou de cercetări și la o nouă uzină de energie atomică.

Referatele și lucrările conferinței vor fi publicate, apoi, spre a se veni în felul acesta în ajutorul tuturor celor interesați în această problemă.

Contribuții la proiectarea elementelor cinematice ale contactoarelor

Radu Tomoiagă și **Sergiu Goldemberg*** – București

CZ 621.316.549.064.33

Electromagneții de acționare sînt elemente componente ale mecanismelor, care stau la baza construcției diferitelor tipuri de aparate electrice cu acționare electromagnetică. Proiectarea lor nu poate fi separată de proiectarea sistemului cinematic de care aparțin, întrucît dimensionarea lor se condiționează reciproc.

Elementele inițiale de calcul impuse de parametrii nominali de funcționare, de condițiile de exploatare și de materialele utilizate sînt completate cu diagrama forțelor antagoniste care reprezintă, de fapt, punctul de plecare al dimensionărilor, atît pentru electromagnet, cît și pentru restul aparatului, cum sînt căile de curent, camerele de stingere sau releele de protecție.

Parametrii nominali de funcționare, prin valoarea curenților de serviciu, a curenților de închidere și rupere permit, în primul rînd, calcularea forțelor rezistente care trebuie învinse de electromagnet în timpul funcționării, și, în al doilea rînd, stabilesc distanțele maxime dintre contacte și cursa în contacte, elemente cu ajutorul cărora se pot determina atît întrefierul maxim, cît și întrefierul critic.

Greutățile izvorîte din procesele de asimilare ale produselor noi se datoresc, în special, neconcordanței dintre forțele active realizate de electromagnet și forțele antagoniste ale aparatului acționat.

În cele ce urmează se vor studia unele aspecte mai importante din cinematica contactoarelor, în scopul de a permite stabilirea preliminară a caracteristicii forțelor antagoniste ale contactoarelor, punct de plecare în calcularea și proiectarea electromagnetului de acționare.

1. Condițiile de acționare a contactoarelor

Acționarea unui aparat, indiferent de natura lui, subînțelege existența unei forțe exterioare care poate să învingă rezultanta forțelor antagoniste de-a lungul cursei echipajului mobil.

Rezultanta forțelor antagoniste F_r este o mărime ce depinde de cursă, forma curbei fiind funcție de diversele categorii de forțe rezistente care se însumează în anumite momente din timpul funcționării aparatului.

Forța activă a electromagnetului este o funcție de cursa armăturii mobile, forma curbei depinzînd atît de forma constructivă a circuitului magnetic, cît și de parametrii funcționali.

În figurile 1 și 2 sînt reprezentate: variația forței active și a forței rezistente în funcție de întrefier; suprafețele mărginite de curbele $F_r = f(\delta)$, și $F_a = \psi(\delta)$ reprezintă lucrul mecanic ce se opune acționării aparatului ($\mathcal{L}_r$) și, respectiv, lucrul mecanic pe care-l poate realiza electromagnetul ($\mathcal{L}_a$).

Deci se poate scrie:

$$\mathcal{L}_r = \int_{\delta_{in}}^{0} f(\delta) \cdot d\delta \text{ și } \mathcal{L}_a = \int_{\delta_{in}}^{0} \psi(\delta)\, d\delta \quad (1)$$

În raport de mărimea lor se poate stabili modul de funcționare a aparatului.

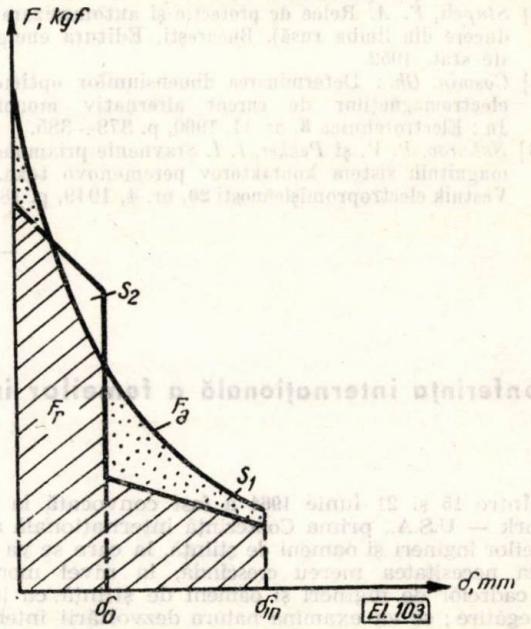


Fig. 1. Caracteristica $F_a = \psi(\delta)$ și $F_r = f(\delta)$ la un contactor, la care $\mathcal{L}_a \cong \mathcal{L}_r$:
F_r – forța rezistentă; F_a – forța activă; δ_{in} – întrefierul inițial; δ_0 – întrefierul critic; S_1 – suprafața proporțională cu surplusul de lucru mecanic activ; S_2 – suprafața proporțională cu surplusul de lucru mecanic rezistent.

Se disting următoarele situații:

a. Lucrul mecanic necesar aparatului este mai mare decît lucrul mecanic disponibil al electromagnetului, aparatul nu poate fi acționat sau se realizează o acționare incompletă:

$$(\mathcal{L}_a < \mathcal{L}_r).$$

b. În situația în care există o egalitate între lucrul mecanic rezistent și cel activ ($\mathcal{L}_a = \mathcal{L}_r$) funcționarea este posibilă dar nesigură.

c. Acționarea sigură și fermă a aparatului este asigurată de îndeplinirea condiției:

$$\mathcal{L}_a > \mathcal{L}_r. \quad (2)$$

* Ing. *R. Tomoiagă* este șeful laboratorului electrotehnic din întreprinderea „Electroaparataj", iar *S. Goldenberg* este inginer principal la același laborator.

Aceasta nu înseamnă că lucrul mecanic activ poate fi oricît de mare. Dacă $\mathcal{L}_a \gg \mathcal{L}_r$, atunci diferența suprafețelor închise de caracteristica forțelor active și rezistențe reprezentînd lucrul

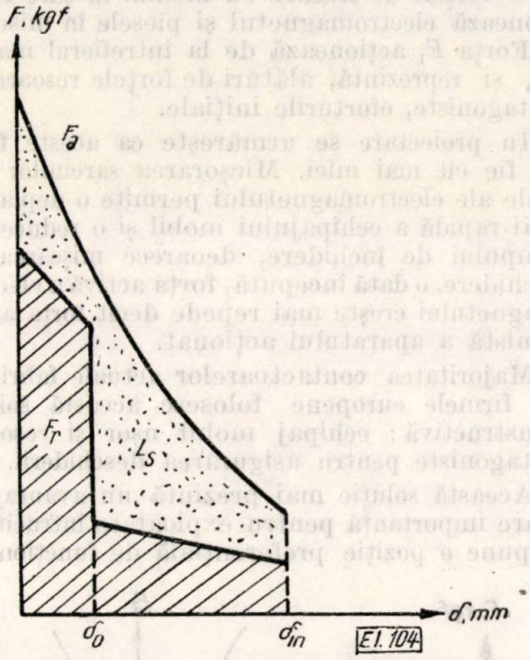


Fig. 2. Caracteristica $F_a = \psi(\delta)$ și $F_r = f(\delta)$ la un contactor cu lucru mecanic activ mult mai mare ca lucrul mecanic rezistent:
$\mathcal{L}_s$—lucrul mecanic suplimentar.

mecanic suplimentar ($\mathcal{L}_s$) imprimă pieselor în mișcare accelerații suplimentare, producînd creșterea excesivă a vitezelor pieselor componente ale echipajului mobil:

$$\mathcal{L}_a - \mathcal{L}_r = \mathcal{L}_s. \qquad (3)$$

La fiecare manevră, energia cinetică a pieselor în mișcare se consumă integral în piesele fixe prin lovituri puternice, producînd deformații permanente.

Deteriorarea pieselor polare, îndoirea sau ruperea pieselor de contact, deformarea resoartelor, ruperea niturilor și exfolierea tolelor electromagneților, arderea bobinelor datorită vibrației spirelor sînt efecte care urmăresc permanent funcționarea aparatelor la care forța activă a electromagnetului depășește cu mult forța rezistentă.

În figura 3 este prezentată armătura mobilă de la contactorul CT 10 acționat în curent continuu, deteriorată după efectuarea a 10^6 acționări.

Reducerea lucrului mecanic suplimentar $\mathcal{L}_s$ se realizează prin coborîrea curbei $F_a = \psi(\delta)$ sau ridicarea caracteristicii $F_r = f(\delta)$ în așa fel încît să se respecte totuși condiția necesară pentru o bună funcționare (formula 2).

La majoritatea aparatelor electrice garantate de firmele producătoare pentru o durată de funcționare mai mare 5.10^6 manevre, caracteristica $F_a = \psi(\delta)$ intersectează curba $F_r = f(\delta)$.

În acest caz, forțele rezistente pentru anumite valori ale lui δ pot fi mai mari decît cele active, situație în care închiderea aparatului se realizează prin forțele de inerție. Continuitatea mișcării se bazează pe energia acumulată de părțile în mișcare $\mathcal{L}_1$ între poziția corespunzătoare întrefierului maxim δ_{in} și întrefierul critic δ_0 proporțională cu suprafața S_1 și care este mai mare decît energia cheltuită pentru acoperirea lucrului mecanic rezistent $\mathcal{L}_2$, proporțională cu suprafața S_2.

În acest caz, trebuie satisfăcută condiția:

$$\mathcal{L}_1 = \int_{s_1} F \cdot d\delta > \mathcal{L}_2 = \int_{s} F . d\delta. \qquad (4)$$

Energia cinetică acumulată de piesele în mișcare $\mathcal{L}_1$ depinde în mare măsură de cursa liberă $\delta_{in} - \delta_0$ parcursă din poziția de repaus a aparatului pînă în poziția în care se închid contactele. Această energie trebuie să acopere lucrul mecanic rezistent $\mathcal{L}_2$, pentru a permite continuarea mișcării pînă la executarea manevrei de închidere. Este necesar să se sublinieze

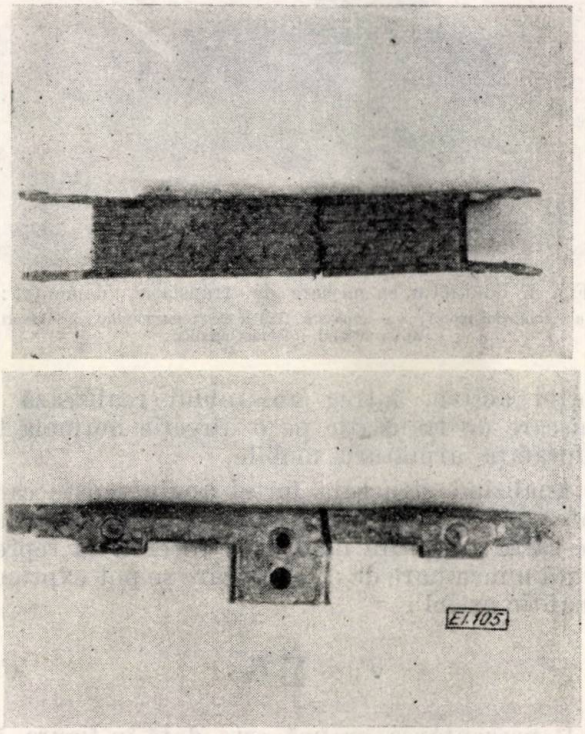


Fig. 3. Armătură mobilă de la contactorul CT10, ruptă în timpul executării manevrelor mecanice.

că $\mathcal{L}_1$ este în același timp și una dintre cauzele apariției vibrației contactelor la închidere, sursă a unei uzuri exagerate a lor.

În continuare se vor analiza caracteristicile forțelor antagoniste pentru cele mai reprezentative categorii de aparate.

2. Diagrama forțelor antagoniste pentru contactoare cu mișcare de translație

Aceste aparate, în general, sînt prevăzute cu dublă rupere pe fază la care armătura mobilă face corp comun cu contactele mobile prin intermediul unui suport izolat. Sub acțiunea

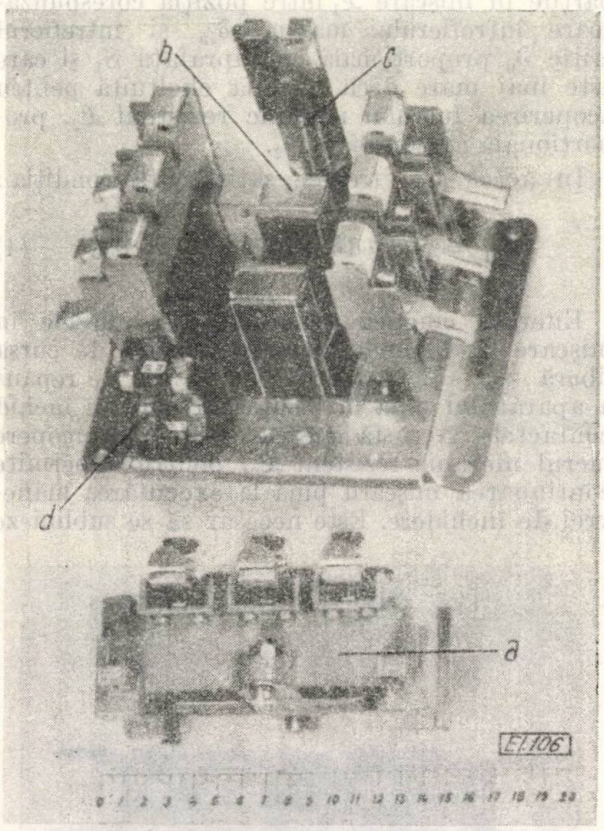


Fig. 4. Contactor cu mișcare de translație, demontat: *a* – echipajul mobil; *b* – armătura fixă a electromagnetului; *c* – resort antagonist; *d* – contact auxiliar.

forței active, întreg ansamblul realizează o mișcare de translație pe o direcție normală la suprafața armăturii mobile.

Analizînd structura forței anatagoniste care intervine în timpul parcurgerii întrefierului de către armătura mobilă se observă că reprezintă o însumare de eforturi care se pot exprima analitic astfel:

$$F_r = \sum_{1}^{4} F_k . \qquad (5)$$

Reprezentarea grafică este dată în figura 5. Aceste eforturi sînt:

a. O primă categorie de eforturi antagoniste ce trebuie învinse de forța activă o reprezintă forțele rezistente constante F_1 care au proprietatea că nu variază de-a lungul întrefierului δ.

Mărimea lor este funcție de soluția constructivă și de intensitatea curentului nominal:

$$F_1 = K_1 \cdot I.$$

În componența lor intervin:

— greutatea echipajului mobil (piese de contact, suportul izolant, greutatea armăturii mobile);

— forțele de frecare cu mediul în care funcționează electromagnetul și piesele în mișcare.

Forța F_1 acționează de la întrefierul maxim δ_{in} și reprezintă, alături de forțele resoartelor antagoniste, eforturile inițiale.

În proiectare se urmărește ca aceste forțe să fie cît mai mici. Micșorarea sarcinilor inițiale ale electromagnetului permite o deplasare mai rapidă a echipajului mobil și o reducere a timpului de închidere, deoarece mișcarea de închidere, o dată începută, forța activă a electromagnetului crește mai repede decît forța antagonistă a aparatului acționat.

Majoritatea contactoarelor actuale fabricate de firmele europene folosesc această soluție constructivă: echipaj mobil ușor și resoarte antagoniste pentru asigurarea deschiderii.

Această soluție mai prezintă un avantaj de mare importanță pentru exploatare întrucît nu impune o poziție preferențială de funcționare.

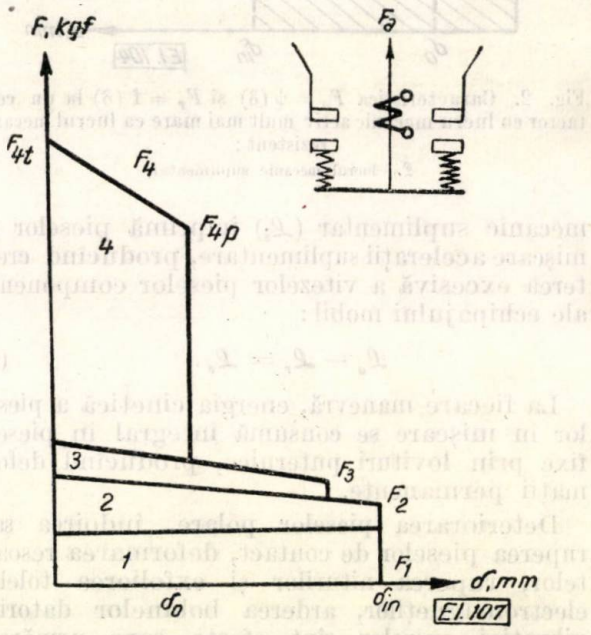


Fig. 5. Componentele diagramei forțelor rezistente la un contactor cu mișcare de translație:

1 – forțe rezistente constante (greutatea echipajului mobil și forțe de frecare); *2* – forța rezistentă a resoartelor antagoniste; *3* – forțe rezistente datorită contactelor auxiliare; *4* – forțe antagoniste datorite contactelor principale

Altă soluție constructivă întîlnită, în special, la aparatele cu funcționare în ulei și mai puțin la contactoarele cu funcționare în aer nu folosește resoarte antagoniste, echipajul mobil fiind astfel dimensionat încît deschiderea să se facă datorită numai greutății proprii a pieselor în mișcare, stabilindu-se astfel o singură poziție de funcționare (verticală).

b. A doua categorie de forță F_2 asigură o deschidere sigură.

La aparatele cu translație se folosesc, de obicei, două resoarte antagoniste formînd un sistem echilibrat de forțe care acționează direct

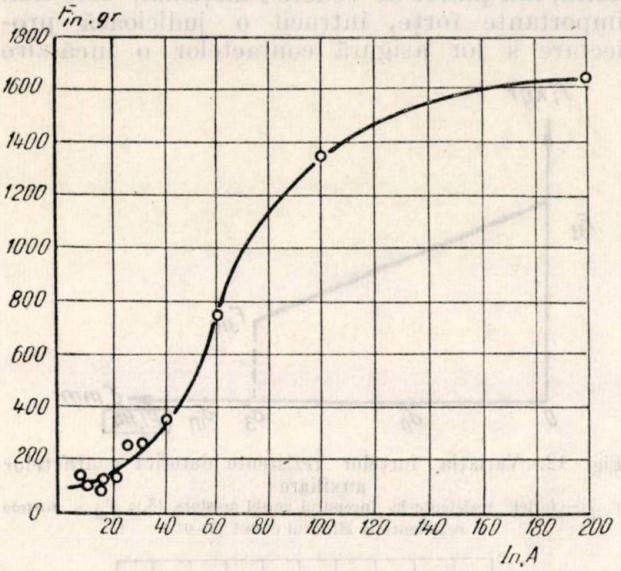


Fig. 6. Variația forțelor rezistente inițiale funcție de curentul nominal $F_{in} = f(I_n)$.

asupra echipajului mobil (fig. 7). Sînt construcții de contactoare la care se folosește un singur resort antagonist așezat în centrul echipajului mobil (contactoarele Klöckner-Moeller).

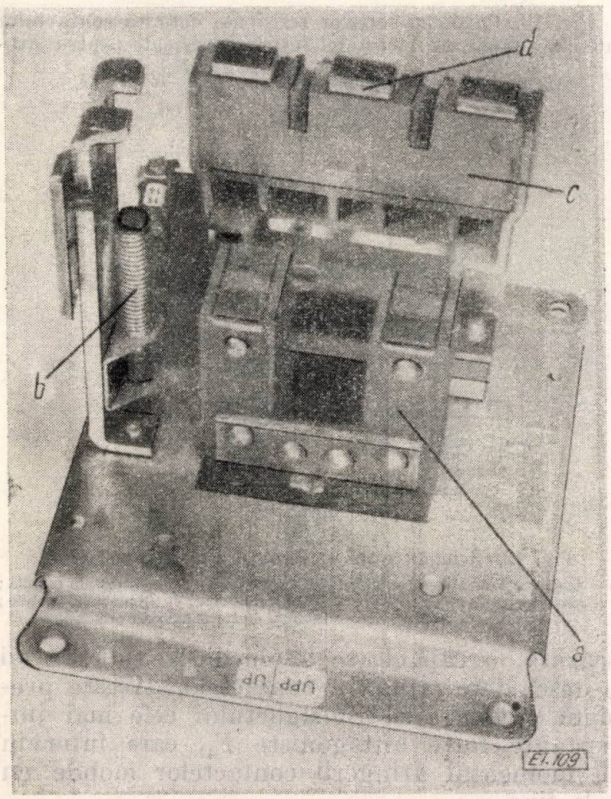


Fig. 7. Contactor cu mișcare de translație:
a — armătură fixă; *b* — resortul antagonist; *c* — suportul contactelor fixe; *d* — contacte fixe.

Resoartele antagoniste trebuie astfel dimensionate încît la deschiderea aparatului să imprime contactelor viteza necesară ruperii curentului respectiv.

Lucrul mecanic necesar închiderii aparatului reprezintă o energie potențială care, la deschidere, se transformă în energie cinetică imprimînd echipajului mobil o viteză. Această viteză nu este uniform accelerată, întrucît greutatea echipajului mobil este neglijabilă față de forțele resoartelor.

Viteza medie rezultă din relația:

$$\int_0^{\delta_{in}} F_r \cdot \mathrm{d}\,\delta = \frac{1}{2} m v^2 \text{ sau } v = \sqrt{\frac{2}{m} \int_0^{\delta_{in}} F_r \cdot \mathrm{d}\,\delta} \qquad (6)$$

unde m reprezintă masa echipajului mobil, iar lucrul mecanic $\mathcal{L}_r$ se poate deduce grafic prin măsurarea suprafeței cuprinse de curba $F_r = f(\delta)$ între δ_{in} și $\delta = 0$.

La contactoarele cu mișcare de translație, resoartele antagoniste lucrează prin comprimare, forța inițială (F_{2in}) și forța maximă de resort (F_{2t}) stabilindu-se în funcție de curentul nominal și de viteza de deschidere a aparatului. În poziția deschis forța activă a electromagnetului pentru a pune în mișcare echipajul mobil trebuie să învingă forțele constante F_1 și forța inițială a resoartelor antagoniste de deschidere F_{2in}:

$$F_{in} = F_1 + F_{2in}.$$

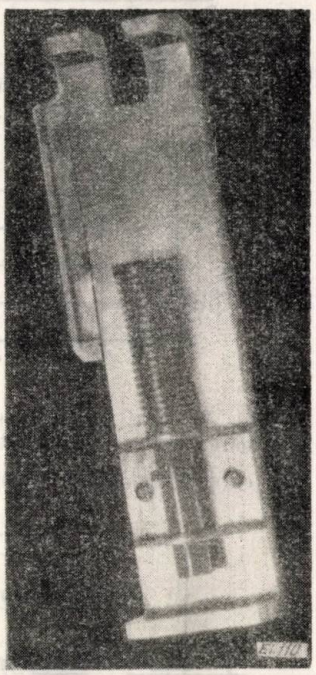


Fig. 8. Resortul antagonist care asigură viteza de deschidere.

În figura 6 este prezentată, în funcție de curentul nominal, forța F_{in} pentru diferite construcții produse de firmele: AEG, SBSK, K. Moeller, ASEA, EAW, Siemens-Schuckert, Electroaparataj etc.

În figura 10 sînt prezentate forțele de precomprimare F_{2in} în raport cu totalul forțelor antagoniste inițiale F_{in}, pentru diverse aparate de conectare.

c. Contactoarele pot fi prevăzute cu contacte auxiliare, caz în care introduc în diagrama forțelor antagoniste forța F_3, a cărei acțiune începe în timpul deplasării armăturii mobile, de la întrefierul maxim δ_{in} la întrefierul critic δ_0, moment impus atît de cursa necesară

închiderii contactelor, cît și de cursa echipajului mobil al contactorului.

Variația forței F_3 de-a lungul întrefierului este reprezentată în figura 12.

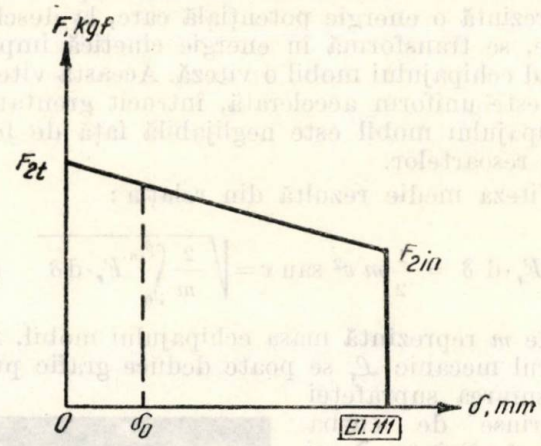


Fig. 9. Variația forțelor resoartelor antagoniste în funcție de mărimea întrefierului:
F_{2in} — forța rezistenței inițiale; F_{2t} — forța rezistenței finale.

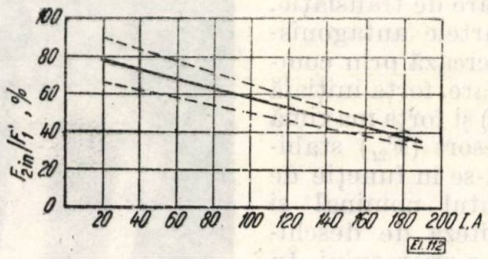


Fig. 10. Valoarea forțelor resoartelor antagoniste raportată la valoarea forțelor totale antagoniste inițiale în funcție de curentul nominal al aparatului $\frac{F_{2in}}{F_{in}} = \psi(I_n)$.

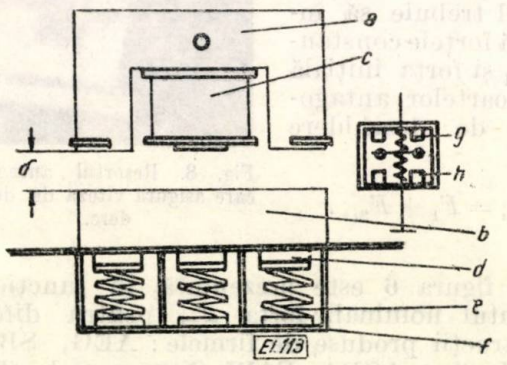


Fig. 11. Reprezentarea schematică a unui contactor prevăzut cu contacte auxiliare:
a — armătură fixă; b — armătură mobilă; c — bobină; d — contacte principale fixe; e — contacte principale mobile; f — suport izolant al echipajului mobil; g — contacte auxiliare normal închise; h — contacte auxiliare normal deschise.

Ponderea forței antagoniste, datorită contactelor auxiliare raportată la forța antagonistă totală pentru aparatul închis ($\delta = 0$), depinde de curentul nominal al aparatului:

$$\frac{F_{3t}}{F_{rat}} = f(I_n)$$

În figura 13 sînt prezentate valorile acestor forțe pentru diverse construcții de contactoare.

d. Eforturile în contactele principale reprezintă, din punct de vedere funcțional, cele mai importante forțe, întrucît o judicioasă proiectare a lor asigură contactelor o încălzire

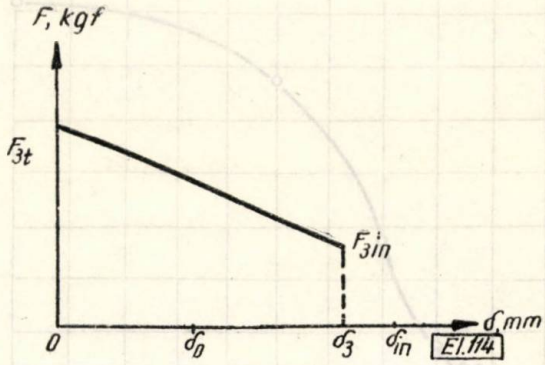


Fig. 12. Variația forțelor rezistente datorită contactelor auxiliare:
F_{3in} — forțele rezistente la începutul cursei acestora (δ_3); F_{3t} — forțele rezistente la sfîrșitul cursei ($\delta = 0$).

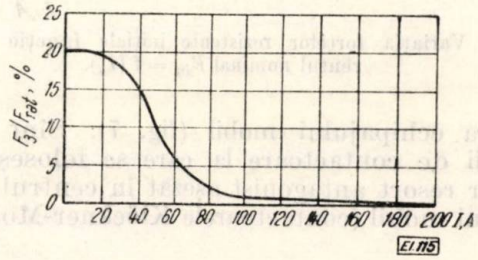


Fig. 13. Ponderea forțelor rezistente datorită contactelor auxiliare raportate la totalul forțelor rezistente pentru situația în care contactorul este închis $\frac{F_{3t}}{F_{rat}} = \chi(I_n)$.

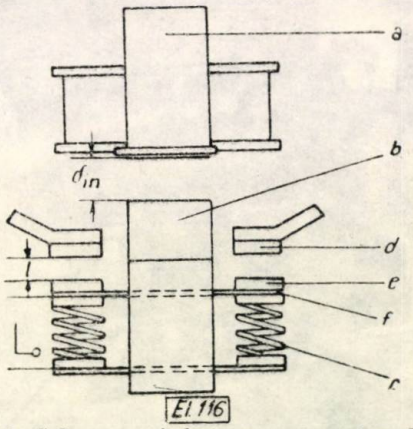


Fig. 14. Schema unui electromagnet cu translație:
a — armătura fixă a electromagnetului de acționare; b — armătura mobilă; c — resoartele contactelor mobile; d — contactele fixe; e — contactele mobile; f — puntea de contact; g — distanța dintre contactele principale.

scăzută, o capacitate de închidere ridicată și o deschidere rapidă a contactelor. Aceste presiuni creează electromagnetului cele mai importante forțe antagoniste F_4, care intervin în momentul atingerii contactelor mobile cu cele fixe.

În figura 14 sînt prezentate: echipajul mobil, electromagnetul și contactele fixe ale unui

contactor cu mișcare de translație în poziția deschis. După parcurgerea distanței d, contactele mobile ating pe cele fixe într-o poziție corespunzătoare întrefierului critic. În momentul atingerii contactelor, electromagnetul trebuie să învingă suma forțelor de comprimare a resoartelor contactelor mobile F_{4p} pentru a-și continua mișcarea de închidere.

Profesorul sovietic O. B. Bron a studiat amănunțit cauzele uzurii contactelor, stabilind legăturile care există între aceasta și: numărul de manevre; forțele inițiale din contacte; intensitatea cîmpului magnetic; constanta resoartelor; lățimea contactelor. (O. B. Bron — elektriceskaia duga apparata upravlenia).

În figura 17 sînt indicate cursele în con-

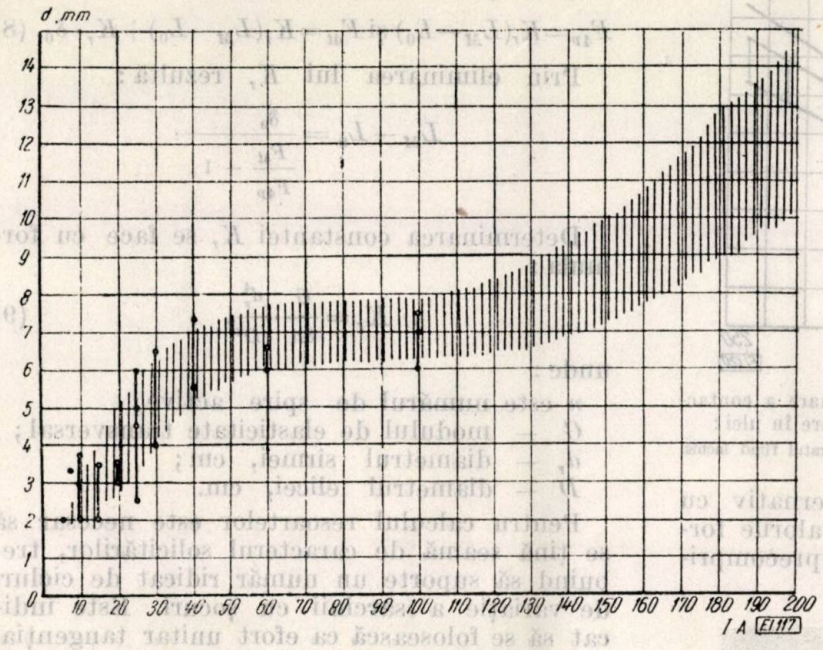


Fig. 15. Plaja de variație a distanțelor dintre contacte în funcție de curentul nominal : $d = f(I)$, pentru $U = 500$ V.

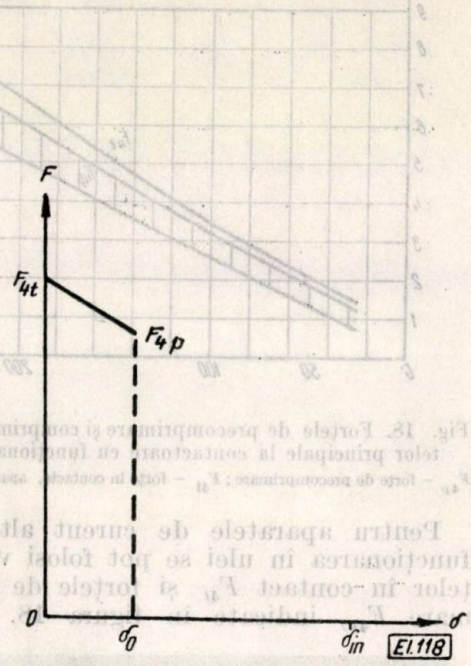


Fig. 16. Forțele rezistente datorită contactelor principale la un contactor.

Dacă se notează cu d distanța dintre contactele principale în poziția deschis, δ_{in} întrefierul maxim și δ_0 întrefierul critic, se poate scrie relația :

$$\delta_{in} = d + \delta_0 \qquad (7)$$

După atingerea contactelor, cursa δ_0, care urmează să fie efectuată de armătura mobilă pînă la închiderea completă a electromagnetului, produce o nouă comprimare a resoartelor și o creștere a forțelor în contacte de la valoarea inițială F_{4p} la F_{4t}.

În figura 15 este reprezentată, în funcție de curentul nominal, distanța dintre contactele principale ale unei largi serii de contactoare fabricate după anul 1959 (AEG, ASEA, SBIK, Klöckner-Moeller, EAW, Siemens,-Schuckert Electroaparataj etc.).

Deplasarea armăturii echipajului mobil, după închiderea contactelor, se numește „cursă în contacte" și este egală ca mărime cu întrefierul critic (δ_0). Importanța acestui parametru este deosebită, întrucît de el depind presiunea în contacte și, în consecință, încălzirea pieselor de contact. În decursul vieții aparatului, datorită uzurii electrice a contactelor, distanța d crește și cursa în contacte scade.

tacte pentru diferite construcții de contactoare.

Alt parametru important pentru funcționarea aparatelor de conectare îl reprezintă forțele de precomprimare F_{4p}, întrucît mărimea lor

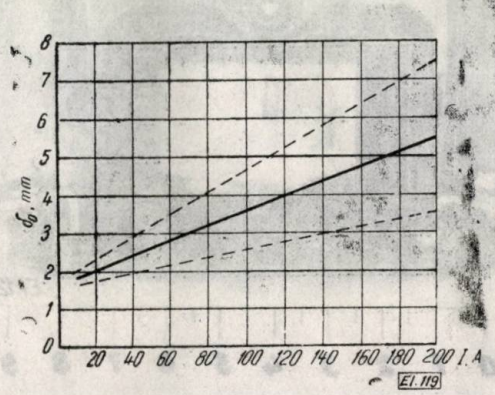


Fig. 17. Cursa în contacte în funcție de curentul nominal al aparatului.

determină capacitatea de închidere a aparatului, valoarea acestor forțe fiind funcție de curentul maxim pe care-l pot stabili contactele principale.

În curent continuu, forțele totale în contact F_{4t} pentru curenți între 60 A și 100 A se pot determina prin relația: $F_{4t} = p \cdot I$, unde presiunea specifică în contact se poate lua $p = 0{,}04 - 0{,}06$ kg/A, iar precomprimarea se alege: $F_{4p} = (0{,}4 - 0{,}6) F_{4t}$.

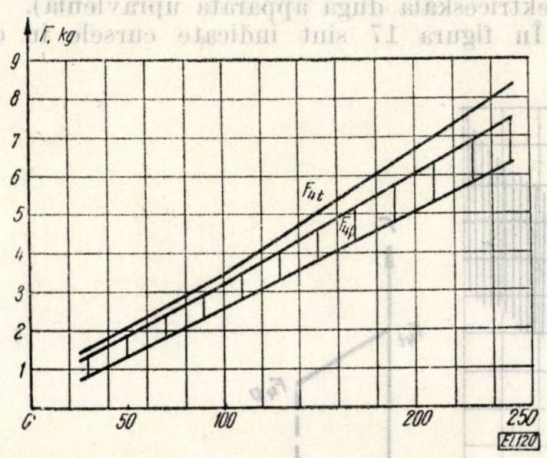


Fig. 18. Forțele de precomprimare și comprimare a contactelor principale la contactoare cu funcționare în ulei:
F_{4p} – forțe de precomprimare; F_{4t} – forțe în contacte, aparatul fiind închis.

Pentru aparatele de curent alternativ cu funcționarea în ulei se pot folosi valorile forțelor în contact F_{4t} și forțele de precomprimare F_{4p}, indicate în figura 18.

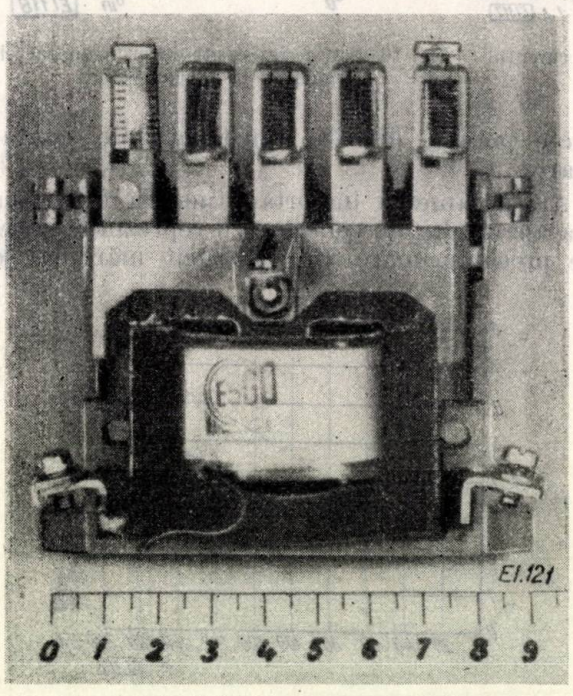


Fig. 19. Subansamblul echipaj mobil și electromagnet de acționare:
a – resortul contactelor principale; *b* – contactul principal.

Pentru a se reduce uzura electrică a contactelor prin micșorarea vibrațiilor se recomandă a se folosi pentru forțele de precomprimare valorile de la limita superioară a domeniului. Acest lucru prezintă un dezavantaj din punct de vedere constructiv întrucît impune realizarea unor resoarte lungi sau de formă specială.

Pentru a se obține forța F_{4p}, resoartele contactelor mobile se comprimă de la lungimea totală L_M la dimensiunea L_0 a locașului în care se montează (fig. 14,19).

Dacă se notează prin K_r constanta resortului, se pot scrie relațiile:

$$F_{4p} = K_r(L_M - L_0) \text{ și } F_{4t} = K_r(L_M - L_0) + K_r \cdot \delta_0. \quad (8)$$

Prin eliminarea lui K_r rezultă:

$$L_M - L_0 = \frac{\delta_0}{\frac{F_{4t}}{F_{4p}} - 1}.$$

Determinarea constantei K_r se face cu formula:

$$K_r = \frac{G}{8n} \cdot \frac{d_r^4}{D^3}, \quad (9)$$

unde:

n este numărul de spire active;
G — modulul de elasticitate transversal;
d_r — diametrul sîrmei, cm;
D — diametrul elicei, cm.

Pentru calculul resoartelor este necesar să se țină seamă de caracterul solicitărilor, trebuind să suporte un număr ridicat de cicluri de variație a sarcinii cu șocuri. Este indicat să se folosească ca efort unitar tangențial $\tau = 15$ kgf/mm².

În tabela 1 sînt prezentate dimensiunile resoartelor contactelor principale pentru diferite construcții de aparate.

Despre apăsarea în contactele contactoarelor de curent alternativ cu funcționare în aer s-a scris mult și s-au prezentat diverse valori, fie empirice, fie teoretice, însă toate în raport cu curentul nominal, cu materialele folosite, cu forma și cu masa. În diagrama din figura 20 se dau valorile forțelor în contacte folosite și verificate atît în fabricație, cît și în domeniul exploatării aparatelor electrice.

În literatura de specialitate se arată modul de calcul al apăsărilor în contacte în așa fel încît să nu se depășească temperaturile admisibile (STAS 553-60, 4479-61, 4480-61).

Dacă se notează prin:

k — coeficientul care depinde de materialul contactelor de prelucrare și starea suprafeței de contact;
m — coeficientul care depinde de forma contactelor;
θ — supratemperatura admisibilă, °C;
ρ_θ — rezistivitatea materialului din care sînt confecționate contactele la temperatura maximă admisă; Ω cm;
I — intensitatea curentului prin locul de contact

se obține relația ce dă apăsarea în contacte:

$$F_{4t} = \frac{\sqrt[m]{I \cdot k}}{\sqrt[2m]{8 \cdot \lambda \cdot \rho_\theta \cdot \theta}}. \quad (10)$$

Tabela 1

Forțele antagoniste furnizate de contactele principale la unele modele de referință

Denumirea aparatului și firma	Curentul nominal, A	Nr. de resoarte pe fază	Lungimea resortului liber, l_{1l}, mm	Lungimea resortului precomprimat, l_0, mm	Forța la precomprimare la F_{4p}, g	Apăsarea în contact la poziția închis F_{4i}, g
Contactor în aer AEG L8	8	1	11	6	70	120
Contactor cu relee SBIK DL (M) O	10	1	15	7,6	144	206
CT-10 EA	10	1	15	7	300	400
Contactor în aer AEG	10	2	14	7,5	138	188
Contactor în aer VEB Electroschaltgeräte Oppach	10	1	17	12	230	275
Contactor în ulei EAW	16	2	22,2	16,8	150	250
Contactor cu relee SBIK DL (M) 2	20	2	14,1	8,9	120	144
Contactor cu relee Siemens-Schuckert	20	1	30	14	420	500
Contactor în aer cu translație EA	25	1	19,5	6,5	158	215
Contactor în aer VEB Electroschaltgeräte Oppach	25	1	22	15	390	480
Contactor în aer FENAL tip DSL 25/12	25	1	14,5	11,5	290	500
Contactor în aer ASEA	25	1	12	9,2	340	620
Contactor în aer AEG L 30	30	2	18,2	15,4	120	240
Contactor cu relee SBIK DL (M) 4	40	2	16	9	420	580
Contactor în aer VEB Electroschaltgeräte Oppach	40	1	26	17	260	300
Contactor în aer ASEA	60	2	18,5	15	1 790	2 070
Contactor în ulei EAW	60	2	27	15,3	378	488
Contactor în aer ASEA	100	2	17,5	14,5	2 550	4 050
Contactor în aer AEG L100	100	2	30	14	600	690
DITU 100 prototip EA	100	2	22	21,5	105	770
Contactor în ulei EAW	125	2	30	21	1 980	2 860
Contactor în aer K. Moeller	200	2	35,5	24	4 800	5 250
DIL 8 a 1/56		2	43	24	1 980	2 610*

* Contactele secundare.

Înlocuind în formulă valorile parametrilor indicați se obține presiunea în contacte care trebuie însă comparată cu celelalte valori verificate în fabricația curentă.

Diagrama generală a forțelor antagoniste se obține prin însumarea grafică a reprezentărilor fiecărei forțe rezistente în raport cu cursa armăturii mobile (fig. 5).

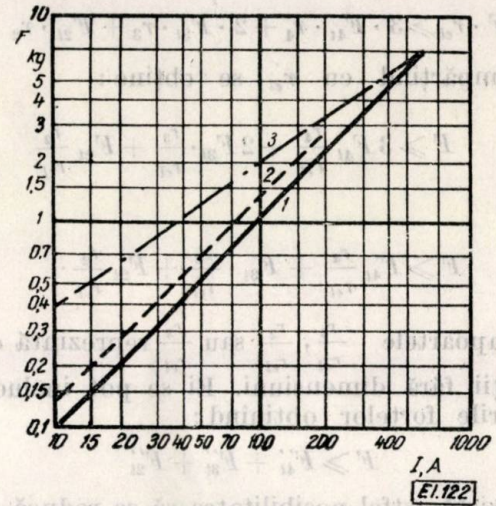


Fig. 20. Forța în contacte la contactoarele de curent alternativ cu funcționare în aer:
1 — contacte de argint; *2* — contacte de cupru; *3* — contacte de aliaje din cupru.

3. Diagrama forțelor antagoniste ale contactoarelor cu mișcare de rotație

La majoritatea aparatelor de acest fel armătura mobilă este fixată, prin intermediul unei piese, de axul principal pe care sînt fixați suporții contactelor mobile și pîrghiile pentru acționarea contactelor auxiliare. Întrucît toate piesele în mișcare sînt dependente de poziția axului, rotirea armăturii mobile, sub acțiunea forței active, determină rotirea sub același unghi a celorlalte piese solidare cu axul.

Dacă se ține seamă de valorile forțelor care intervin în funcționarea aparatului și de distanțele punctelor de aplicație, se poate scrie egalitatea momentelor față de ax.

Se fac următoarele notări (fig. 21, 22, 24):

r_{e1} este raza punctului de aplicație a forțelor active ale electromagnetului;
r_2 — raza punctului de aplicație a forței datorită resortului antagonist;
r_3 — raza punctului de aplicație a forței antagoniste datorită contactelor auxiliare;
r_4 — raza punctului de aplicație a forței antagoniste a contactelor principale;
r_r — distanța de la axul resortului la punctul de rotație a contactului mobil;
r_p — distanța de la punctul de contact la punctul de rotație a contactului mobil;
F — forța activă a electromagnetului;
F_2 — forța resortului antagonist;
F_3 — forța antagonistă introdusă de contactele auxiliare;
F_4 — forța antagonistă în contactele principale;
X_{0i} — deplasarea contactului mobil la nivelul punctului de contact pe parcursul deplasării armăturii electromagnetului cu distanța δ_0;
X_r — săgeata resortului contactului principal;
d — distanța dintre contact în poziția deschis;
α_0 — unghiul de rotație a suportului contactului mobil față de contactul mobil (corespunzătr cursei în contacte)

Considerăm un contactor trifazat cu mișcare de rotație, prevăzut cu două contacte auxiliare. Scriind momentul forțelor pentru poziția în care electromagnetul este închis:

$$F \cdot r_{el} \geqslant 3 \cdot F_{4t} \cdot r_4 + 2 \cdot F_{3t} \cdot r_3 + F_{2t} \cdot r_2 \quad (11)$$

și împărțind cu r_{el} se obține:

$$F \geqslant 3 F_{4t} \frac{r_4}{r_{el}} + 2 F_{3t} \cdot \frac{r_3}{r_{el}} + F_{2t} \frac{r_2}{r_{el}}$$

sau:

$$F \geqslant F'_{4t} \frac{r_4}{r_{el}} + F'_{3t} \cdot \frac{r_3}{r_{el}} + F'_{2t} \frac{r_2}{r_{el}} \cdot \quad (12)$$

Rapoartele $\frac{r_4}{r_{el}}$, $\frac{r_2}{r_{el}}$ sau $\frac{r_3}{r_{el}}$ reprezintă coeficienții fără dimensiuni. Ei se pot include în valorile forțelor obținînd:

$$F \geqslant F''_{4t} + F''_{3t} + F''_{2t} \quad (13)$$

Există astfel posibilitatea să se reducă toate forțele antagoniste care sînt legate solidar cu axul la întrefierul principal al electromagnetului sau în punctul de aplicare a forței active.

Aceste forțe sînt create prin întinderea sau comprimarea resoartelor, atunci cînd armătura mobilă a electromagnetului sub acțiunea forței active din întrefier se deplasează de la întrefierul maxim δ_{in} la întrefierul zero.

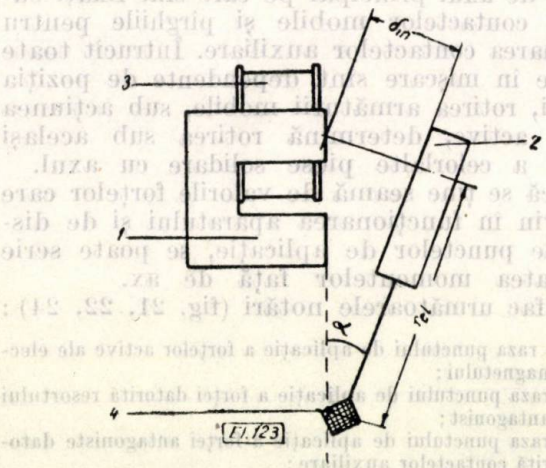


Fig. 21. Electromagnet cu mișcare de rotație:
δ_{in} — întrefierul mediu inițial; *1* — armătura fixă; *2* — armătura mobilă; *3* — bobina; *4* — axul de rotație al contactorului; α — unghiul de rotație; r — raza punctului de aplicație a forței active.

Începerea comprimării resoartelor trebuie efectuată în așa fel încît să se realizeze condițiile unei funcționări optime.

Pentru determinarea mai ușoară a diagramei vom lega deformarea resoartelor de mărimea întrefierului principal (δ) stabilind o relație analitică.

În poziția deschis între contactele principale se găsește distanța d (fig. 21 — 22) a cărei mărime se stabilește ca la contactoarele cu mișcare de translație în funcție de curentul nominal, curentul de rupere și de tensiunea nominală.

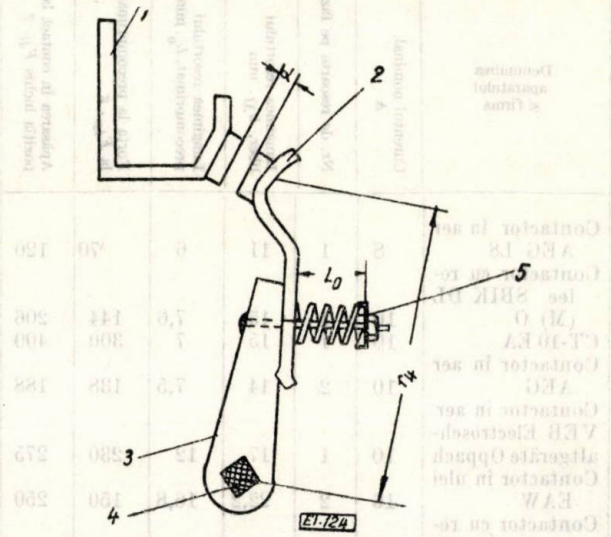


Fig. 22. Contactele principale la un contactor cu rotație:
1 — contactul fix; *2* — contactul mobil; *3* — suportul contactului mobil (izolant); *4* — axul de rotație; *5* — resortul contactului principal; d — distanța dintre contacte în poziția deschis; L_0 — lungimea resortului precomprimat; r_4 — distanța de la axul de rotație la locul de contact.

1. Închiderea începe în momentul în care forța activă din întrefier depășește ca valoare mărimea forțelor de frecare din lagărele axului, însumate cu forțele necesare îndoirii conductoarelor flexibile ce aduc curentul la contactele mobile.

Forțele de frecare sînt constante, indiferent de poziția echipajului mobil, spre deosebire de forțele antagoniste create de greutatea proprie a armăturii electromagnetului și echipajului mobil (fig. 24), care variază după o funcție sinusoidală (figurile 25 și 32):

$$F_1 = C_1 + G \cdot \sin \alpha. \quad (14)$$

Valoarea maximă a unghiului α care corespunde poziției deschis ($\delta = \delta_{in}$) pentru electromagneții cu mișcare de rotație nu depășește 30°. Influența greutății pieselor în mișcare este redusă simțitor prin termenul „sin α", care se anulează atunci cînd aparatul este închis ($\delta = 0$), fapt ce a permis construcția unor contactoare cu electromagneți și echipaje mobile larg dimensionate.

Controlul elasticității flexibilelor este deosebit de important, întrucît forțele rezistente pot varia în limite destul de largi, făcînd uneori imposibilă închiderea aparatului.

2. Practica fabricației a impus necesitatea unui resort de reglaj cu ajutorul căruia să se obțină viteza de declanșare indicată în documentație, înlăturarea deschiderii în trepte și închiderea aparatelor în condițiile tehnice impuse de standarde (STAS 4479-61).

La cele mai multe tipuri de contactoare acest resort este astfel dimensionat și construit încît prin variația comprimării se efectuează reglajul de fabrică încadrînd diagrama forțelor

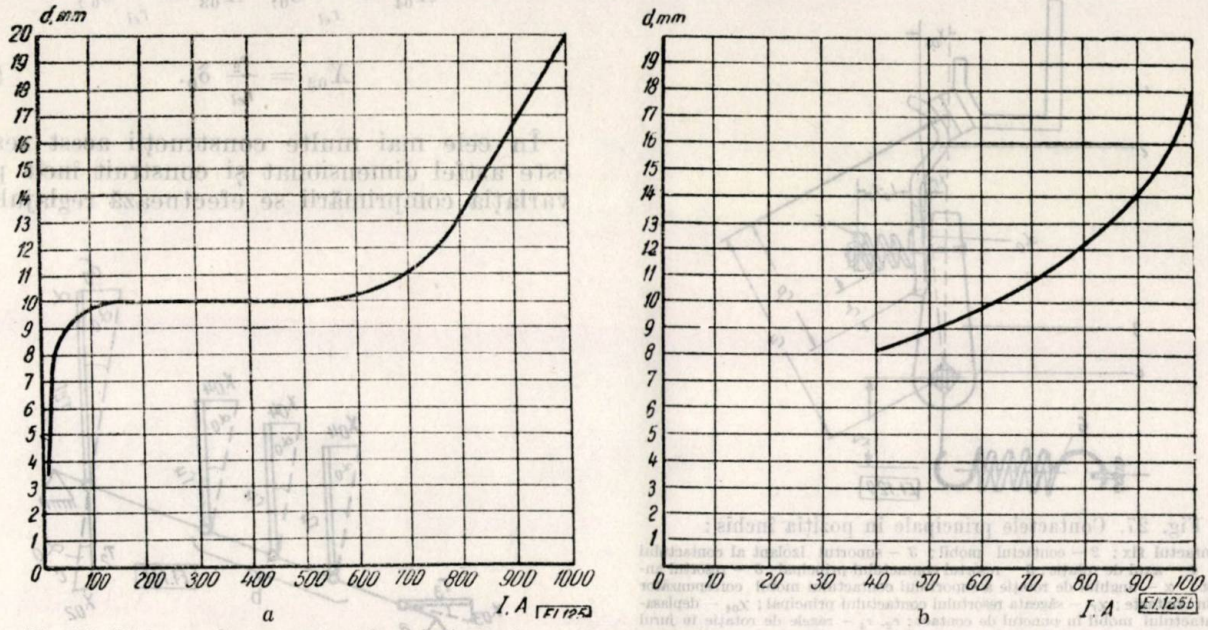


Fig. 23. Distanța dintre contactele principale la contactoarele de curent alternativ (*a*) și de curent continuu (*b*) cu mișcare de rotație.

antagoniste în diagrama forțelor active, compensînd abaterile tehnologice ce pot influența raportul dintre aceste diagrame, periclitînd funcționarea.

Un fenomen nedorit ce apare la deschiderea contactoarelor constă în oscilația echipajului mobil în regiunea opritorului care se înlătură prin mărirea precomprimării F_{2p} în poziția deschis.

3. Pentru un întrefier $\delta_0 < \delta < \delta_{in}$ începe să acționeze forța antagonistă creată de acționarea contactelor auxiliare F_3. Valoarea inițială reprezintă forța de precomprimare F_{3p} a resoartelor, după care urmează o creștere uniformă a forței F_3.

4. Electromagnetul continuă să se rotească învingînd forțele indicate mai sus pînă la atingerea contactelor principale ($d = 0$), poziție la care întrefierul are valoarea critică. Forțele de precomprimare (F_{4p}) intră cu pondere mare

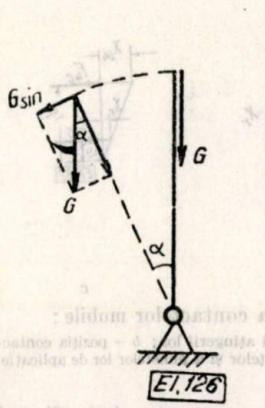


Fig. 24. Componentele greutății echipajului mobil la contactoarele cu mișcare de rotație:
G — greutatea echipajului mobil; *G sin* α — componenta greutății echipajului mobil ce se opune închiderii electromagnetului.

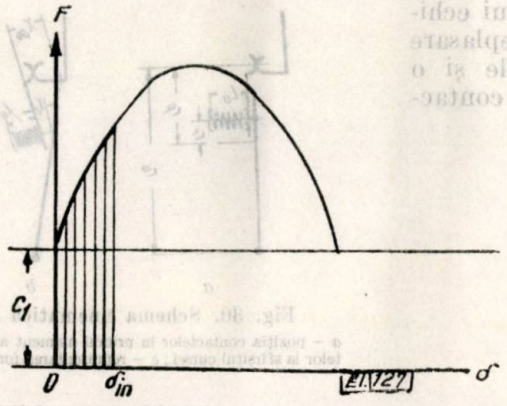


Fig. 25. Variația forței F_1 la deschiderea contactorului:
δ_{in} — întrefierul maxim; c_1 — forța rezistentă constantă.

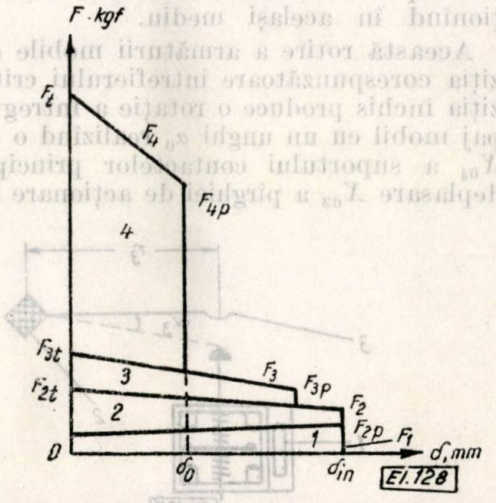


Fig. 26. Diagrama forțelor antagoniste la contactoarele cu mișcare de rotație:
1 — forțe rezistente furnizate de greutatea pieselor în mișcare, de frecări în lagăre, de îndoirea flexibilelor; *2* — forțe rezistente datorate resortului antagonist; *3* — forțe rezistente datorate contactelor auxiliare; *4* — forțe rezistente furnizate de contactele principale; δ_{in} — întrefier maxim; δ_0 — întrefierul critic (poziția corespunzătoare atingerii contactelor).

în cadrul forței antagoniste, reprezentînd solicitarea maximă la care este supus electromagnetul, mărimea lor fiind egală cu 0,4÷0,6 din forța în contacte în poziție închis ($\delta \simeq 0$).

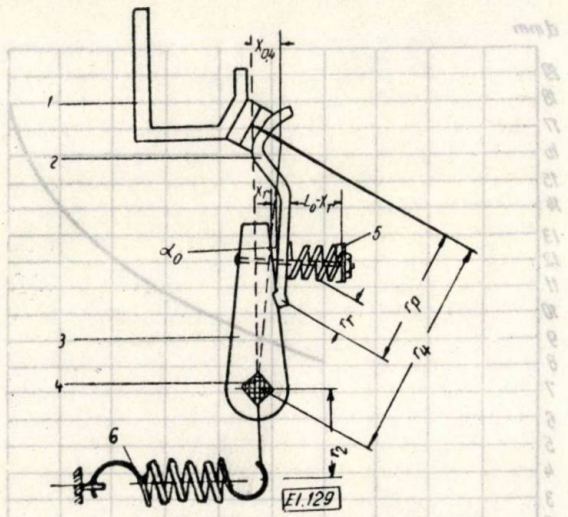


Fig. 27. Contactele principale în poziția închis:

1 – contactul fix; *2* – contactul mobil; *3* – suportul izolant al contactului mobil; *4* – axul de rotație; *5* – resortul contactului principal; *6* – resortul antagonist; α – unghiul de rotație a suportului contactului mobil corespunzător cursei în contacte; χ_r – săgeata resortului contactului principal; χ_{04} – deplasarea contactului mobil în punctul de contact; r_2, r_4 – razele de rotație în jurul axului de rotație; r_p – distanța de la punctul de contact la axa de rotație a contactului mobil.

Continuarea rotirii armăturii mobile determină comprimarea resoartelor pînă la obținerea în contacte a forțelor corespunzătoare curentului nominal, valori identice cu cele folosite pentru contactoarele cu translație, funcționînd în același mediu.

Această rotire a armăturii mobile de la poziția corespunzătoare întrefierului critic la poziția închis produce o rotație a întregului echipaj mobil cu un unghi α_0 realizînd o deplasare X_{04} a suportului contactelor principale și o deplasare X_{03} a pîrghiei de acționare a contac-

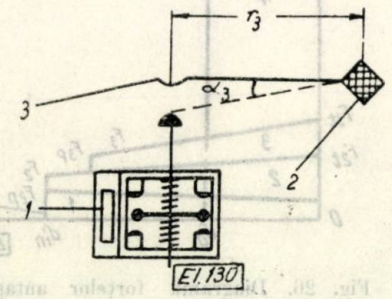


Fig. 28. Schema cinematică a contactului auxiliar:

1 – bloc-contact auxiliar; *2* – axul de rotație al aparatului; *3* – tijă de acționare; r_3 – distanța de la ax la capul tijei contactelor auxiliare.

telor auxiliare, care sînt chiar lungimile arcelor de cerc parcurse de razele corespunzătoare.

Deplasarea cu distanța δ_0 a punctului de rază r_{el} de pe armătura mobilă – dacă aproximăm lungimea arcului cu a coardei – produce deplasarea punctelor de rază r_4, r_3, și r_2, conform relațiilor:

$$X_{04} = \frac{r_4}{r_{el}}\,\delta_0, \quad X_{03} = \frac{r_3}{r_{el}}\,\delta_0;$$

$$X_{02} = \frac{r_2}{r_{el}}\,\delta_0. \tag{15}$$

În cele mai multe construcții acest resort este astfel dimensionat și construit încît prin variația comprimării se efectuează reglajul de

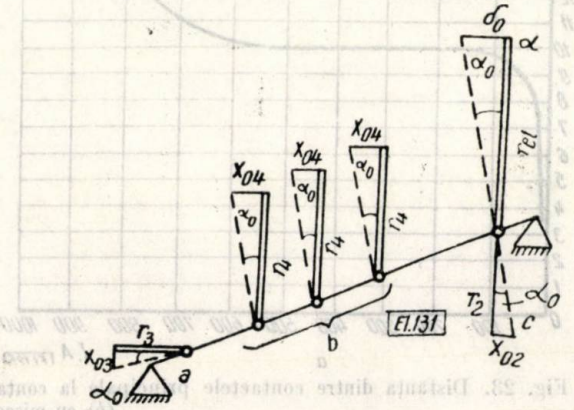


Fig. 29. Schema cinematică a contactorului:

a – deplasarea contactelor auxiliare; *b* – deplasările suporților contactelor mobile; *c* – deplasarea tijei resortului antagonist; *d* – deplasarea armăturii electromagnetului de acționare.

fabrică încadrînd diagrama forțelor antagoniste în diagrama forțelor active.

Pentru a ajunge în poziția întrefierului critic, echipajul mobil se rotește cu unghiul

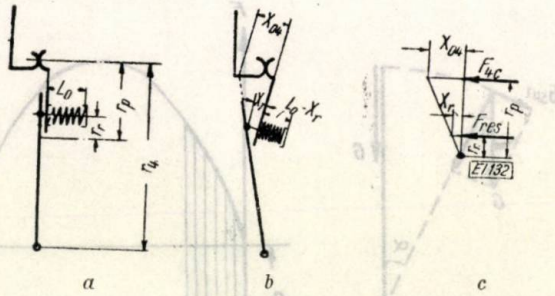


Fig. 30. Schema cinematică a contactelor mobile:

a – poziția contactelor în primul moment al atingerii lor; *b* – poziția contactelor la sfîrșitul cursei; *c* – reprezentarea forțelor și a punctelor lor de aplicație.

$\alpha - \alpha_0$, armătura mobilă parcurge întrefierul $\delta_{in} - \delta_0$, iar contactele distanța d.

Aceste deplasări sînt legate prin relația geometrică:

$$d = \frac{r_4}{r_{el}}\,(\delta_{in} - \delta_0). \tag{16}$$

În timpul mișcării armăturii mobile de la întrefierul critic la poziția închis, avem numai deplasarea extremității suportului contactelor

cu distanța X_{04}, contactele rămînînd în aceeași poziție închis (fig. 22, 27, 30).

Comprimarea resortului principal se face pe distanța X_r:

$$X_r = X_{04} \frac{r_r}{r_p}. \quad (17)$$

Forța resortului ce servește la dimensionarea lui rezultă din apăsarea în contacte F_{4c}:

$$F_{res} = F_{4c} \frac{r_p}{r_r}. \quad (18)$$

Dacă notăm prin K_1 constanta resortului, forța dată de resort în urma comprimării cu săgeata X_r este:

$$F_{res} = X_r \cdot K_r. \quad (19)$$

Egalăm și obținem:

$$X_r K_r = F_{4c} \cdot \frac{r_p}{r_r} \quad \text{sau} \quad X_{04} \frac{r_r}{r_p} \cdot K_r = F_{4c} \frac{r_p}{r_r}.$$

Rezultă constanta resortului:

$$K_r = \frac{F_c}{X_{04}} \left(\frac{r_p}{r_r} \right)^2. \quad (20)$$

Apăsarea în contact F_{4c} și cursa în contact X_{04} sînt impuse de curentul nominal al aparatului, iar raportul $\frac{r_r}{r_p}$ se alege în plaja 0,4 — 0,6, după cum reiese din tabela 2.

Considerăm variația forțelor antagoniste a contactelor principale reduse la întrefierul principal, în cazul deplasării armăturii mobile între $\delta = \delta_0$ și $\delta = 0$ la un contactor cu m faze:

$$\Delta F_4 = m \Delta F_{4c} \frac{r_4}{r_{el}} = m \Delta X_{04} \cdot K_r \frac{r_r}{r_{el}} \left[\frac{r_r}{r_p} \right]^2 \quad (21)$$

unde cursa în contacte X_{04} reprezintă elementul variabil legat de variația întrefirului δ.

Considerînd creșterile lor se poate scrie:

$$\Delta X_{04} = \frac{r_4}{r_{el}} \Delta \delta. \quad (22)$$

Din relațiile 22 și 21 se obține creșterea forței antagoniste, datorită resoartelor contactelor principale, redusă la punctul de aplicare a forței active:

$$F_4 = m K_r \left[\frac{r_4}{r_{el}} \cdot \frac{r_r}{r_p} \right]^2 \cdot \Delta \delta. \quad (23)$$

Pentru $\Delta\delta$ există următoarele valori extreme:

$$\text{la } \delta = \delta_0 \text{ avem } \Delta\delta = 0;$$
$$\text{la } \delta = 0 \text{ avem } \Delta\delta = \delta_0. \quad (24)$$

Aceste variații de forță se adună cu precomprimarea inițială. Forțele de precomprimare se bazează pe comprimarea resoartelor între lungimea liberă L_M și lungimea la care sînt montate pe aparat L_0 (fig. 30).

Tabela 2

Caracteristici geometrice la diverse contactoare cu rotație, indigene și străine, funcție de curentul nominal, Un = 500 V

Denumirea aparatului	I_n, A	r_p, mm	r_r, mm	r_4, mm	$\frac{r_r}{r_p}$	distanța dintre contacte, mm
Telemecanic	8	36	17	37	0,472	3,5
AEG bipolar	25	60	36	80	0,6	9
Contactor în aer tripolar EA	25—60	40	16	53	0,4	8
Contactor pentru excitație LDE	40	25	10	47	0,4	7—9
BC—6 O A bipolar	60	46	22	93	0,478	9,8
Contactor pentru pompa apei de răcire LDE	80	25	10	47	0,4	7—9
MC—80A	80	50	20	96	0,4	12
MC — 100 A	100	50	20	95	0,4	18
E.L.A.N. (polonez)	100	60	38	80	0,354	8,5
AEG	110	60	38	80	0,635	11
AG — 12 5A	125	46	17	70	0,37	9
Contactor pentru motoarele ventilației forțate LDE	150	33	10	75	0,303	10—12
AEG	160	60	25	85	0,417	11
Contactor în aer EA	200	35	15	47	0,43	7
Contactor LDE tripolar	250	37	13	97	0,35	13—17
AEG	600	54	21	87	0,39	8
AEG	1 000	71	37	120	0,52	20

Forța de precomprimare a unui resort:

$$F_{res} = (L_m - L_0) K_r. \quad (25)$$

Forțele de precomprimare pentru n resoarte reduse la întrefierul principal:

$$F_{4p} = n K_r (L_m - L_0) \frac{r_4}{r_{el}}, \quad (26)$$

n putînd fi 3, 6, 4 sau 8, în funcție de numărul resoartelor prevăzute pe fază: unul, respectiv două.

Expresia forței reduse:

$$F_4 = F_{4p} + \Delta F_4. \quad (27)$$

Pentru $\delta = 0$, forța este maximă:

$$F_{4t} = 3K_r \left[\left(\frac{r_4}{r_{el}} \cdot \frac{r_r}{r_p} \right)^2 \delta_0 + (L_m - L_0) \frac{r_4}{r_{el}} \right]. \quad (28)$$

Între n și m există relația:

$$n = K \cdot m \quad (29)$$

unde K este un număr întreg egal cu 1 sau 2, după cîte resoarte se aleg pe o fază.

În acest caz relația (27) devine:

$$F_4 = mK_r\left[K \cdot \frac{r_4}{r_{el}}(L_M - L_0) + \frac{r_4}{r_{el}} \cdot \left(\frac{r_r}{r_p}\right)^2 \Delta\delta\right] \quad (30)$$

și forța maximă rezistentă (în poziția închis) $\delta = 0$:

$$F_{4t} = mK_r\left[K\frac{r_4}{r_{el}}(L_M - L_0) + \frac{r_4}{r_{el}}\left(\frac{r_r}{r_p}\right)^2 \delta_0\right]. \quad (31)$$

Dacă contactorul are trei faze și un singur resort pe fază, ceea ce este cazul frecvent:

$$F_{4t} = 3K_r\frac{r_4}{r_{el}}(L_M - L_0) + \frac{r_4}{r_{el}}\left(\frac{r_r}{r_p}\right)^2 \delta_0. \quad (32)$$

Ridicarea caracteristicii forțelor antagoniste se obține prin însumarea forțelor rezistente componente pentru fiecare poziție caracteristică a electromagnetului ($\delta = 0$, $\delta = \delta_0$, $\delta = \delta_{in}$), similar exemplului de calcul efectuat pentru contactoare cu mișcare de translație.

4. Exemplu de calcul

Se pune problema să se determine estimativ diagrama forțelor antagoniste ale unui contactor trifazat, cu mișcare de translație, tensiunea nominală 380 V și curentul nominal 100 A, prevăzut cu două contacte auxiliare, mediul de funcționare aer.

Rezolvare:

— Forța rezistentă inițială F_{in} pentru curentul $I_n = 100$ A rezultă din $F_{in} = f(I)$ prezentată în figura 6. Valoarea ei include greutatea totală a echipajului mobil, forțele de frecare și forța inițială a resortului antagonist.

Conform punctului 3, b se poate scrie:

$$F_{in} = F_1 + F_{2in} = 1\,350\,\text{g}.$$

— Din funcția $\frac{F_{2in}}{F_{in}} = \psi(I)$ prezentată în figura 10, rezultă că F_{2in} poate fi ales între 600 și 870 g.

Dacă se alege $F_{2in} = 700$ g, greutatea echipajului mobil, în cazul neglijării forțelor de frecare, se poate aproxima la valoarea $F_1 = 700$ g.

— Distanța dintre contactele principale se stabilește cu ajutorul funcției $d = f(I)$ prezentată în figura 15. Pentru curentul de 100 A această distanță poate avea valori în plaja 6,3 — 7,8 mm.

Se alege o valoare de 7 mm.

— În figura 17 sînt indicate cursele în contacte în funcție de curentul nominal sub forma funcției $\delta_0 = \varphi(I)$. Se alege $\delta_0 = 2{,}5$ mm în cadrul plajei de valori 1,5—4 mm.

Cu ajutorul acestor elemente se poate calcula întrefierul maxim (7): $\delta_{in} = d + \delta_0 = 7 + 2{,}5 = 9{,}5$ mm.

— Presiunea în contacte F_{4t} se poate stabili conform relației:

$$F_{4t} = p \cdot I.$$

Pentru $I = 100$ A și presiunea specifică $p = 0{,}02$ kg/A rezultă că în contactele principale trebuie să fie o forță $F_{4t} = 2$ kg.

În diagrama prezentată în figura 20 această forță corespunde pentru contacte de cupru sau alamă. În cazul folosirii argintului se poate reduce la 1 kg.

Forța de precomprimare într-o pereche de contacte:

$$F_{4p} = 0{,}5\,F_{4t} = 1 \text{ kg}.$$

La contactoarele cu mișcare de translație, pe o fază se găsesc două locuri de rupere (fig. 14). Valorile obținute mai sus se referă la un loc de contact. Aparatul este trifazat și pentru cele 6 locuri de contact este necesară o forță de precomprimare $F'_{4p} = 6F_{4p} = 6$ kg și o forță de apăsare în contacte $F'_{4t} = 6 \cdot F_{4t} = 12$ kg.

Resortul antagonist prin închidere va crea o forță mai mare decît cea inițială $F_{2in} = 650$ g, proporțional cu constanta resortului și mărimea comprimării resortului — δ_{in} (fig. 5 — 9):

$$F_{2t} = F_{2in} + K_r \cdot \delta_{in}.$$

Mărimea F_{2t} se calculează în așa fel încît să se obțină la deschiderea contactelor viteza impusă prin temă. În cazul acestui exercițiu, mărimea vitezei nefiind indicată, se alege arbitrar valoarea forței F_{2t}, creîndu-se constructiv posibilitatea reglajului și încadrarea caracteristicii forței în diagrama forțelor antagoniste (fig. 3, b):

$$F_{2t} = 0{,}15 \cdot F'_{4t} = 0{,}15 \cdot 0{,}12 = 1{,}8 \text{ kg}.$$

La întrefierul zero, electromagnetul trebuie să învingă forța antagonistă maximă F_{rat} în care intervine pe lîngă celelalte forțe calculate și forța contactelor auxiliare (2 bucăți), conform funcției $\frac{F_{3t}}{F_{r\cdot at}} = \nu(I)$, prezentată în figura 13.

Valoarea forței antagoniste produse de contactul auxiliar reprezintă 1% din valoarea forței totale.

Adică se poate scrie: $F_{3t} = 0{,}01\,F_{r.at}$.

Ținînd seamă de toate forțele rezistente, pentru întrefierul zero $\delta = 0$ se obține:

$$F_{r.at} = F'_{4t} + 2F_{3t} + F_{2t} + F_1 = 12 + 2 \cdot 0{,}01 \cdot F_{r.at} + 1{,}8 + 0{,}7,$$

$$F_{r.at} = \frac{12 + 1{,}8 + 0{,}7}{0{,}98} = 21 \text{ kg}.$$

Pentru determinarea forței critice F_r se calculează valoarea forțelor rezistente pentru întrefierul critic $\delta = \delta_0$.

Forța dată de resortul antagonist :

$$F_{20} = F_{2in} + \frac{F_{2t} - F_{2in}}{\delta_{in}} \cdot (\delta_{in} - \delta_0) = 0{,}7 + \\ + \frac{1{,}8 - 0{,}7}{9{,}5} = (9{,}5 - 2{,}5) = 1{,}513 \text{ kg}.$$

Dacă se neglijează forța introdusă de contactele auxiliare va rezulta :

$$F_{r0} = F_{4p} + F_{20} + F_1 = 6 + 1{,}513 + 0{,}7 = 8{,}213 \text{ kg}.$$

Pentru reprezentarea caracteristicii este necesar să se însumeze pentru aceeași poziție $\delta = \delta_0$:

$$F_1 + F_2 = 2{,}213 \text{ kg}.$$

Reprezentarea grafică a caracteristicii forțelor antagoniste a aparatului este dată în figura 31.

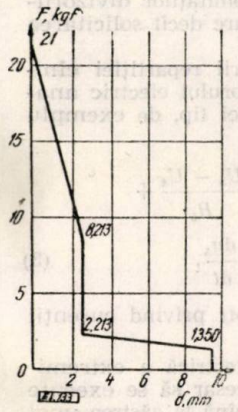


Fig. 31. Diagrama forțelor antagoniste pentru un contactor cu translație de 100 A.

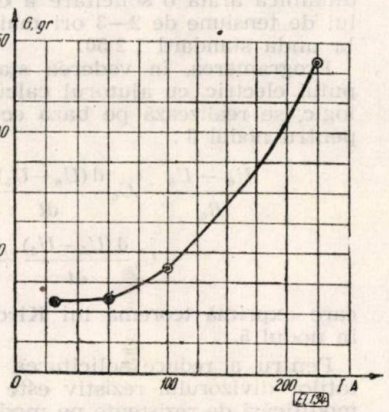


Fig. 32. Greutatea echipajului mobil funcție de curent la contactoare cu mișcare de rotație.

După executarea proiectului de electromagnet se definitivează subansamblurile ce compun sistemul cinematic, se verifică diagrama cinematică și se corectează caracteristica $F_r = f(\delta)$ sau $F_a = \psi(\delta)$ în așa fel încît să se asigure o funcționare corespunzătoare.

5. Concluzii

Din analiza cinematică a funcționării contactoarelor rezultă că forma diagramei forțelor antagoniste nu depinde de modul în care se execută mișcarea (translație sau rotație) și nici de mediul de funcționare (aer sau ulei).

Parametrul cel mai important îl reprezintă mărimea curentului nominal. O dimensionare judicioasă a electromagnetului de acționare poate înlătura fie lipsa de forță activă, fie surplusul de energie cinetică acumulată în piesele mobile, eliminînd prin aceasta atît funcționarea nesigură a aparatului, cît și distrugerea lui prematură.

Bibliografie

[1] *Babikov, M. A.* Aparate electrice. București, Editura energetică de stat, 1953, p. 393—394.

[2] *Franken, H.* Schütze und Schützensteuerungen. Berlin, Springer, 1959, p. 17.

[3] *Engher, E.* și *Darie, R.* Contactoare cu rezistență mărită la uzură. In : Electrotehnica nr. 9, 1961, p. 273—280.

[4] *Koloianceva, R. S.* Despre calculul sistemelor magnetice ale contactoarelor de curent alternativ. In : Vestnik elektroprom. **31**, nr. 9, 1960.

[5] STAS 4479—61. Contactoare în aer și ulei pînă la 1 000V c.a. și 1 200 V c.c. și 3 150 A, pct. 2, 3 și 22.3.

[6] STAS 553—60. Aparate de conectare pînă la 1 000 V c.a., 1 200 V c.c. și 3 150 A. Tab. 15, p. 11.

[7] STAS 4480—61. Întreruptoare automate în aer și ulei de curent alternativ și continuu pînă la 1 000 V c.a., 1 200 V c.c. și 3 150 A.

[8] Code UIC. Règles applicables à l'appareilage électrique utilisé sur les vehicules moteurs. T. **IV**, art. 17, 15 ian. 1957.

Intrat în redacție la 04.07.1963

DIN ACTIVITATEA DE CERCETARE

Gheorghe Hortopan

CZ 621.317.727

Calculul divizorului de tensiune rezistiv ecranat

Pentru măsurarea tensiunilor înalte de impuls se utilizează în multe laboratoare divizorul de tensiune rezistiv ecranat, care are avantajul, față de divizorul capacitiv, de a oferi un racord simplu la osciloscopul catodic. Solicitarea dielectrică a ramurii de înaltă tensiune a unui divizor rezistiv ecranat depinde de durata frontului undei de impuls, ceea ce este echivalent cu a spune că solicitarea la unda de impuls tăiată diferă de solicitarea la unda de impuls plină.

În scopul stabilirii solicitării dielectrice de-a lungul divizorului se stabilește schema echivalentă din figura 1. Pentru o valoare R dată a rezistenței divizorului de tensiune (de exemplu 10 kΩ) și în funcție de tensiunea nominală se stabilește înălțimea de bobinaj a divizorului.

Modelarea în baia electrolitică a cîmpului electric al ecranului permite obținerea atît a valorilor rezistențelor $R_1 - R_{10}$, cît și a capacităților $C_1 - C_{10}$.

Dacă modelarea în baia electrolitică se efectuează pentru suprafețele echipotențiale 0,1U ; 0,2U ; 0,9 U ; 1U, valorile capacităților $C - C_{10}$ sînt egale între ele. Intersecția suprafețelor echipotențiale cu coloana divizorului, bobinat uniform, determină valorile rezistențelor R_1, $R_2 - R_{10}$, ținînd seamă că $\sum_{i=1}^{10} R_i = R$.

Valorile capacităților $K_1 - K_{10}$ se calculează cu relația capacității unei antene verticale :

$$K = \frac{4\pi\varepsilon l}{\ln \dfrac{l + \sqrt{d^2 + l^2}}{-l + \sqrt{d^2 + l^2}} - \ln \dfrac{3l + \sqrt{d^2 + 9l^2}}{l + \sqrt{d^2 + l^2}}}, \quad (1)$$

în care :

l este înălțimea de la sol a divizorului ;

d — diametrul de bobinaj al divizorului.

Înălțimile de la sol $l_1 - l_{10}$ sînt determinate de intersecțiile suprafețelor echipotențiale cu coloana divizorului. În sine, valorile capacităților $K_1 - K_{10}$ rezultă ca diferențe de valori calculate cu relația (1).

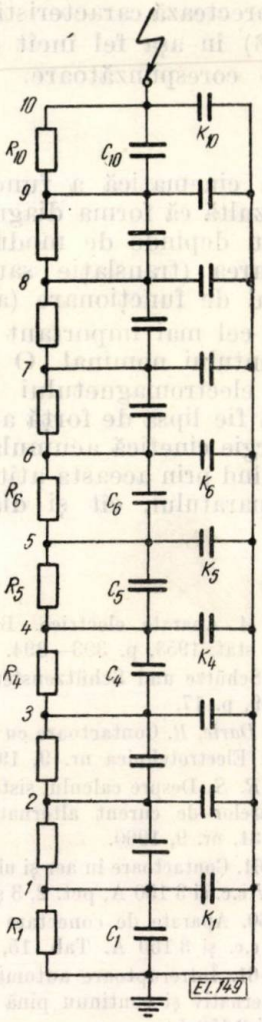


Fig. 1

Pe baza acestor observaţii, schema echivalentă din figura 1 este complet determinată şi se poate trece la studiul comportării la impuls a divizorului de tensiune. Acest studiu se poate efectua fie cu ajutorul unui model dinamic, fie cu ajutorul calculatorului electronic analogic.

Modelul dinamic se construieşte cu scara timpului mărită pe baza relaţiei :

$$t_0 = \frac{\tau_0}{\tau_m} t_m, \qquad (2)$$

unde : t_0 şi t_m sînt timpurile în original, respectiv în model, iar τ_0 şi τ_m sînt constantele de timp din original, respectiv din model. Dacă, de exemplu, constanta de timp în model este de zece ori mai mare decît constanta de timp în original, la aplicarea pe model a undei de impuls 15/500 se obţine o repartiţie a cîmpului electric în original corespunzătoare undei 1,5/50. De cea mai mare importanţă este a se cunoaşte repartiţia cîmpului electric la variaţii bruşte ale tensiunii de impuls aplicate, cum ar fi tăierea undei care se efectuează în aproximativ 0,1—0,15 μs. Modelarea dinamică arată o solicitare a extremităţilor divizorului de tensiune de 2—3 ori mai mare decît solicitarea la unda standard 1,2/50.

Programarea, în vederea stabilirii repartiţiei cîmpului electric, cu ajutorul calculatorului electric analogic, se realizează pe baza ecuaţiei tip, de exemplu pentru nodul 5 :

$$\frac{U_6 - U_5}{R_6} + C_6 \frac{\mathrm{d}(U_6 - U_5)}{\mathrm{d}t} = \frac{U_5 - U_4}{R_5} + C_5 \frac{\mathrm{d}(U_5 - U_4)}{\mathrm{d}t} + K_5 \frac{\mathrm{d}u_5}{\mathrm{d}t}, \qquad (3)$$

care exprimă teorema lui Kirchhoff privind curenţii în nodul 5.

Pentru a reduce solicitarea dielectrică a extremităţilor divizorului rezistiv este necesar să se execute modificări de rezistenţe pe model pînă la găsirea unei repartiţii acceptabile şi pentru unde cu front rapid.

Rezolvarea problemei cu ajutorul calculatorului analogic permite şi obţinerea răspunsului tranzitoriu cu considerarea inductivităţii liniei de racord între generatorul de impuls şi divizorul de tensiune.

REFERATE

CZ 621.3 *Electrotehnică generală*

CZ 620.193.21

Buchholz, E. **Rezistenţa climatică a materialelor în electrotehnică** (Klimabeständigkeit von Werkstoffen der Elektrotechnik). In ETZ-B, nr. 12, iunie 1963, p. 340—344, 22 fig.

Comportarea diferitelor materiale utilizate în electrotehnică variază atît cu clima, cît şi cu materialul în sine. Probele de scurtă durată (pe bancul de încercare) ale materialelor trebuie verificate la anumite perioade pe teren.

Sînt arătate apoi, atît în text, cît şi în fotografii, consecinţele erorilor de fabricaţie (excavaţii datorite turnării) la aliajele de magneziu. Alte exemple sînt date cu piese din hydronalium, un aliaj turnat din aluminiu şi magneziu, arătîndu-se aspectul lor înainte şi după expunerea îndelungată la umiditate sau în apropiere de apa mării.

La zincul turnat sub presiune se produce, după un anumit timp, o coroziune (mergînd pînă la completa dezagregare) dacă aliajul conţine doar urme de plumb sau de cositor. Este arătată o piesă expusă mai mult timp în climă umedă şi caldă.

În cazul alamei, care era întrebuinţată pe o scară largă în electrotehnică, se trece tot mai mult la bronz şi alte aliaje, deoarece s-a constatat că gazele (amoniacul) emanînd din părţile izolante ale aparatelor electrice provoacă, mai ales în mediu umed-sărat, coroziune. Coroziunea poate fi provocată şi prin electroliză atunci cînd există o tensiune de c.c. şi cînd materialul izolant învecinat conţine electroliţi.

Urmează indicaţii privind influenţa cauciucului, cu mai mult sau mai puţin sulf, asupra metalelor, precum şi comportarea cauciucului însuşi în diferite condiţii. În încheiere se tratează mucegaiul la lacurile izolante şi la materialele organice, precum şi mijloacele de protecţie contra alterării lacurilor prin mucegai.

G. C.

CZ 620.193.21 : 621.3

Uebel, F. **Considerarea influenţei mediului înconjurător asupra produselor electrotehnice** (Berücksichtigung von Umgebungseinflüssen auf elektrotechnische Erzeugnisse). In ETZ-B, nr. 12, iunie 1963, p. 329—331, 1 tabl., 1 schemă.

Se atrage atenţia asupra variaţiei condiţiilor exterioare în care pot funcţiona maşinile şi aparatele elec-

trice : clima regiunii, atmosfera încăperii (abur, acizi etc.), atmosfera din imediata apropiere (peşteri umede etc.), vibraţii produse de instalaţiile învecinate, vătămare prin termite etc.

Se defineşte apoi clima în sens tehnic, arătîndu-se că vechea definiţie „rezistenţă tropicală" nu oferă suficiente garanţii faţă de influenţele chimice, biologice etc. Se deosebesc patru diferite categorii privind mediul în care se găsesc produsele electrotehnice. Se mai atrage atenţia asupra necesităţii de a se deosebi solicitările din timpul explorării faţă de cele din timpul transportului.

În două tabele se indică diferitele fenomene ale naturii (căldură, frig, atmosferă maritimă, îngheţ, variaţia presiunii aerului etc.) cu influenţele pe care le au asupra materialelor electrice (metale, izolanţi organici sau anorganici. Urmează consideraţii privind influenţa umidităţii aerului în combinaţie cu presiunea înconjurătoare.

În privinţa clasificării climei se cer mediile pe mai mulţi ani (pentru o lună oarecare) pentru limitele (superioară şi inferioară) temperaturii, frecvenţa variaţiilor de temperatură şi influenţa umidităţii aerului după DIN 500 10. Valorile temperaturii şi ale umidităţii corespunzătoare a aerului sînt redate într-o schemă climatografică, care conţine solicitarea prin temperatură şi cea datorită umidităţii aerului. În general, articolul tratează bazele pentru o clasificare corespunzătoare a climei în scopul protecţiei maşinilor, şi componenţii climatici care trebuie avuţi în vedere.

G. C.

CZ 621.313 ***Maşini electrice***

CZ 621.313.048 ; 620.193.918.2

Michel, K. : **Comportarea termică a izolaţiei maşinilor electrice** (Le comportement thermique de l'isolation des machines électriques). In : Rev. Brown Boveri, 49, nr. 11—12, 1962, p. 630—639, 15 fig., 7 ref. bibl.

Pentru obţinerea performanţelor optime în construcţia maşinilor electrice, este necesar studiul termic, atît al materialelor izolante componente, cît şi al maşinilor propriu-zise. În acest sens se prezintă metode de studiu. Pentru lacurile şi răşinile de impregnare se foloseşte următoarea metodă : un fir de aluminiu în formă de elice avînd diametrul interior de 6 mm şi lungimea de 75 mm, este cufundat de două ori în lacul sau răşina respectivă şi apoi uscat. Epruvetele cilindrice, astfel obţinute, sînt supuse unei încercări la încovoiere. Efortul de rupere la încovoiere constituie măsura adezivităţii lacului. Comportarea termică a lacurilor şi a răşinilor este studiată prin intermediul încercărilor la încovoiere, efectuate la diferite temperaturi şi cu epruvete care au suportat tratamente de îmbătrînire la diverse durate. Cîteva epruvete sînt îmbătrînite la 220°C. În general, îmbătrînirea la început îmbunătăţeşte proprietăţile mecanice, ca apoi să le înrăutăţească.

Din rezultate se vede superioritatea răşinilor epoxidice faţă de lacurile organice cu solvenţi. O altă metodă pentru determinarea stării lacului de impregnare în funcţie de gradul de îmbătrînire termică constă în variaţia pierderilor de greutate în funcţie de timp şi temperatură.

Se mai prezintă rezultatele măsurărilor conductibilităţii termice pe bobine, înainte şi după îmbătrînirea termică.

A. B.

CZ 631.314.2 ***Transformatoare***

CZ 621.314.2.013.62.001.24

I. Johansen, H. Riege. **Determinarea prin calcul a frecvenţelor proprii ale înfăşurărilor transformatoarelor de putere.** În : Pow. app. syst., nr. 64, februarie 1963, p. 782—788, 7 fig., 14 ref. bibl.

Se prezintă ecuaţiile aproximative pentru determinarea frecvenţelor proprii ale înfăşurărilor transformatoarelor de putere. Transformatoarele trifazate considerate sînt cu două înfăşurări, cea de înaltă tensiune fiind de tip continuu. Raportul numărului de spire este mare. Ecuaţiile sînt date în termeni care sînt cunoscuţi în mod obişnuit şi care pot fi obţinuţi prin calcule simple din datele de proiectare. Ecuaţiile au fost verificate prin măsurarea frecvenţelor naturale a nouă unităţi. Transformatoarele încercate prezentau înfăşurări neuniforme avînd spire cu izolaţie întărită în unele zone, prize de reglaj şi variaţii de amperspire pe unitate de lungime de-a lungul înfăşurării. În majoritatea cazurilor diferenţele dintre calcule şi măsurători au fost mai mici de 10%.

C. T.

CZ 621.317 ***Măsurări electrice***

CZ 621.317.733.3 : 518.5

Grinevici, F. B. **Despre construcţia punţilor automate cifrice de curent alternativ** (O pastroenii ţifrovîh avtomaticeskih mostov peremenovo toka). În : Izmeritelnaia tehnika, nr. 6, 1963, p. 33—37, 6 ref. bibl.

La construcţia punţilor automate cifrice de curent alternativ se folosesc aceleaşi principii şi scheme de echilibrare ca şi la punţile automate obişnuite ; o atenţie specială trebuie acordată însă protecţiei împotriva paraziţilor de natură electromagnetică. Acest lucru se explică prin aceea că, pentru echilibrarea punţilor cifrice, se folosesc un număr important de contacte, care pot avea capacităţi sau inductanţe parazite ce pot schimba rezultatul măsurării.

După descrierea principalelor tipuri de punţi realizate, se prezintă cele mai importante caracteristici. În urma cercetărilor întreprinse se constată că timpul total de echilibrare automată a unor punţi de precizie medie nu depăşeşte 2—3 s la funcţionarea schemei la frecvenţe joase (1—2 kHz). În cazul folosirii elementelor de comutaţie statică, timpul de echilibrare a punţilor poate fi micşorat la 0,2—0,3 s, iar la punţile foarte sensibile, la 0,02—0,03 s.

Precizia statistică a punţilor cifrice e determinată de eroarea elementelor de măsură ale schemei şi protecţia eficace împotriva paraziţilor electromagnetici. Eroarea de măsură a acestor tipuri de punţi este de 0,1—0,05%, ceea ce le face apte de a fi folosite în laboratoarele metrologice.

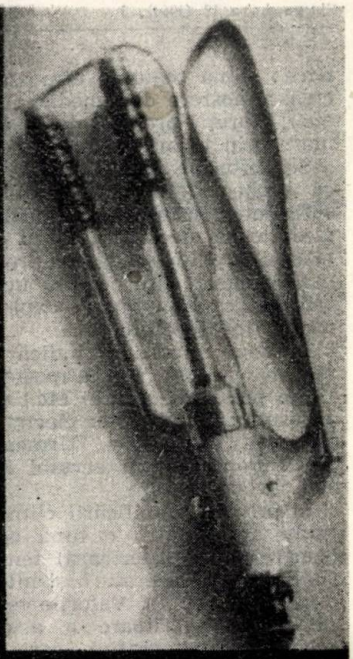
Fl. T.

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. dr. ing. Pl. ANDRONESCU, prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, prof. dr. ing. A. AVRAMESCU, membru corespondent al Academiei R. P. R. (redactor responsabil), ing. V. BUNEA, Laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU, ing. ŞT. GROSU, conf. ing. GH. HORTOPAN, Laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. LAZARIDE, prof. dr. ing. R. RĂDULET, membru corespondent al Academiei R.P.R., Laureat al Premiului de Stat.

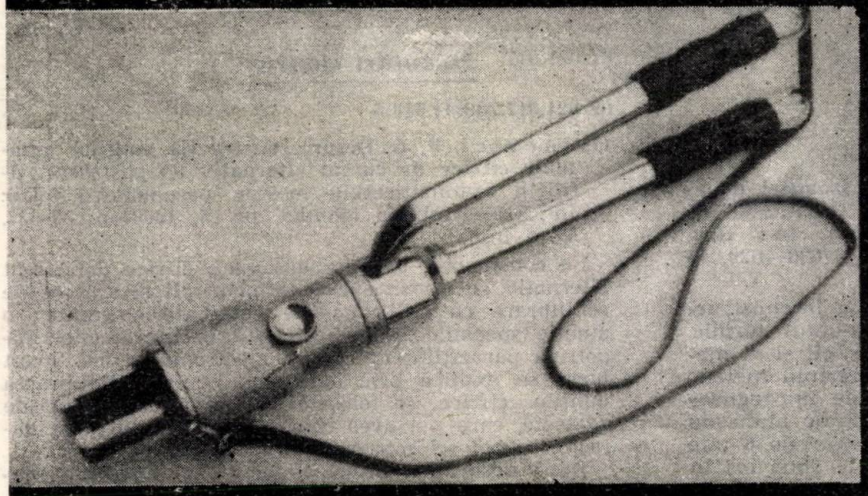
Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Ministerului Industriei Construcţiilor de Maşini şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. — Redacţia şi administraţia, Bucureşti, str. Ion Ghica nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu. Telefon : 13.84.16. Revista este editată de M.I.C.M. Abonamentele se primesc la administraţia revistei. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament : Publicaţiile tehnice M.I.C.M. — cont 026002 B.R.P.R. — Filiala 30 Decembrie, Bucureşti. Tarif pentru întreprinderi : lei 100 anual ; tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri ; lei 30 anual. Costul unui exemplar lei 5. Tiparul : Întreprinderea „Informaţia", str. Brezoianu nr. 23—25, Bucureşti, c. 831

MŰSZAKI KÖNYVTÁRES KÖZPONTI



Tip PH-3
Forța de presare 5 tone
Greutatea presei 2,8 kg

PH 3



Tip PH-4
Forța de presare 10 tone
Greutatea presei 3,65 kg

PH 4

PRESE HIDRAULICE DE MÎNĂ

Presele de mînă leagă capetele cablurilor, respectiv clemelor din aluminiu sau cupru, din domeniul 6 pînă la 120 mm² repede, fix și ieftin, prin metoda presării, cu care ocazie materialul conductoarelor care se leagă sînt deformate la rece.

Presa de mînă PH-4 a obținut o diplomă la Tîrgul de Mostre din Leipzig din anul 1963.

Exportator unic

METALEXPORT
WARSZAWA
MOKOTOWSKA 49, POLONIA

SOMMAIRE

CD 621.316.542.001.2

Avramescu, A. : **Progrès techniques dans la construction des connecteurs de bassse tension.**

Electrotehnica 12, no. 3, mars 1964, p. 81–91

On examine d'une manière synthétique, sur le plan mondial, les tendances actuelles dans la construction et le fonctionnement des connecteurs de basse tension. L'examen est conduit en tenant compte de certains indices de qualité établis à cette fin. Suivent des conclusions utiles pour l'établissement des projets techniques et pour l'organisation de la production de ces appareils en Roumanie.

CD 621.316.549.064.25 : 621.316.925.44

Predoi, A. et *Oncica, D.* : **L'évolution de la construction des contacteurs à huile de basse tension, à relais thermiques.**

Electrotehnica 12, no. 3, mars 1964, p. 91–103

Après avoir indiqué les domaines de l'utilisation des contacteurs automatiques à huile, à relais thermiques, les auteurs présentent les solutions constructives les plus modernes de contacteurs, de voies de courants, d'électro-aimants de commande, ainsi qu'une série de problèmes non encore posés dans la litttérature technique ; ils étudient ensuite, par rapport à la surface de montage, plusieurs types de contacteurs automatiques à huile à relais thermiques, fabriqués à l'étranger, et ils donnent les nouvelles solutions adoptées par l'entreprise „Electroaparataj" de Bucarest.

CD 621.316.549.064.33

Tomoiagă, R. et *Goldenberg, S.* : **Contributions à l'établissement des projets relatifs aux éléments cinématiques des contacteurs.**

Electrotehnica 12, no. 3, mars 1964, p. 104–117

On approfondit les phénomènes cinématiques associés à la mise en circuit et à la déconnection des appareils électriques commandés par électro-aimants. On compare les forces actives produites par les électro-aimants de commande et les forces antagonistes de l'appareil commandé, sur la base d'un paramètre commun — la course de l'électro-aimant (δ).

EXTRAITS DE RECHERCHES

CD 621.317.727

Horlopan, Gh. : **Le calcul du diviseur de tension écranè.**

Electrotehnica 12, no. 3, mars 1964, p. 117–118

EXTRAITS 118–119

TITLURI DOCUMENTARE

CZ 621.313 **MAȘINI ELECTRICE**

CZ 621.313.017.71.5.36.53.083.7

Orzepowski, S. : **Telemăsurarea prin radio a temperaturii în procesele tranzitorii ale rotorului mașinii electrice.** In : Przegl Electrotechn. 39, nr. 1, ian 1963, p. 20—25, 8 fig., 11 ref bibl.

CZ 621.313.13 : 621.316.717

Lomb, F. : **Alegerea și pornirea motoarelor electrice de putere mare.** In : Villamosàg 11, nr. 1, ian 1963, p. 22—23, 1 tab.

CZ 621.313.13 : 621.318.2

Ireland, J. R. : **Cîmpuri create de magneții permanenți ceramici în motoare.** In : Electro. Techn. 71, nr. 3, martie 1963, p. 86—88, 8 fig., 1 tab.

CZ 621.313.2

Borchert, H. O. : **Modul de funcționare a mașinilor electrice de curent continuu și bobinajele lor.** In : EMA 42, nr. 1, ian 1963, p. 3—7, 30 fig., 5 ref. bibl.

CZ 621.313.333.076

Eastham, J. F. și *Laithwaite, E. R.* : **Motoare cu schimbarea numărului de poli.** In : Electr. Rev. 172, nr. 6, febr 1963, p. 253—254, 4 fig.

CZ 621.314.2 **TRANSFORMATOARE DE CURENT ALTERNATIV**

CZ 621.314.21 : 621.316.933

Kucera, J. :**Defectele transformatoarelor protejate cu descărcătoare.** In : Energetike, 13, nr. 2, febr 1963, p. 65—68, 5 fig., 5 tab., 6 ref. bibl.

CZ 621.314.214

Skala, M. : **Transformatoare monofazate de reglare pentru alimentarea locomotivelor electrice de 25 kV, 50 Hz.** In : Elektrotechnik 18, nr. 4, martie 1963, p. 97—100, 5 fig., 4 ref. bibl.

CZ 621.314.22.048

Foster, N. ș.a. : **Transformatoare de putere cu izolație din rășini turnate.** In : Westinghouse eng. 23, nr. 1, ian 1963, p. 13—15, 3 fig., 1 tab.

CZ 62.314.22.08 : 621.316.93

Glise, F. și *Vogl, W.* : **Măsuri pentru reducerea supratensiunilor pe partea secundară a transformatoarelor de măsurat din instalațiile de înaltă tensiune.** In : Elektr. — Wirtsch. 62, nr. 2, ian 1963, p. 37—41, 9 fig., 1 tab.

CZ 621.314.222.014.3.001.4

Thoren, R. : **Încercarea la scurtcircuit a transformatoarelor.** In : Przegl. Elektrotechn. 39, nr. 3, martie 1963, p. 111—116, 13 fig., 1 tab.

CZ 621.315.6. **MATERIALE IZOLANTE. IZOLATOARE. SUPORȚI. MATERIAL DE INSTALAȚII**

CZ 621.315.611 : 539.21-7

Fischer, H. : **Determinarea porilor din straturile izolante cu ajutorul înaltei tensiuni.** In : Elektro-Techn. 45, nr. 5, feb 1963, p. 75—77, 4 fig.

CONTENTS

DC 621.316.542.001.2

Avramescu, A. : **Technical progress in the construction of low-tension connecting gears.**

Electrotehnica 12, nr. 3, march 1964, p. 81–91

One discusses the present world-wide developmental trends in the construction and working of low-tension connecting gears. The analysis is carried out on the basis of quality indexes established to that end. Some useful conclusions relating to designing and production organization activities are being drawn in conclusion.

DC 621.316.549.064.25 : 621.316.925.44

Predoi, A. and *Oncica, D.* : **The evolution in the construction of low-tension oil contactors with thermic relays.**

Electrotehnica 12, nr. 3, march 1964, p. 91–103

After outlining the utilization fields of automatic oil contactors with thermic relays, the paper presents the newest constructive developments in the field of contactors, current paths, drive electromagnets, discussing some problems never tacked in the relevant literature. Other items discussed include the analysis of a series of foreign automatic oil contactors with thermic relays, from the viewpoint of connection surface. Some new solutions applied to the apparatus produced at the „Electroputere" enterprise in Bucharest are described in conclusion.

DC 621.316.549.064.33

Tomoiagă, R. and *Goldenberg, S.* :**Contributions to the designing of the kinematic elements of contactors.**

Electrotehnica 12, nr. 3, march. 1964, p. 104–117

One studies the kinematic phenomena associated with the connection and disconnection of electromagnetically driven electric gears. One compares the active forces produced by the driving electromagnets with the antagonistic forces of the driven gear on the basis of a common parameter — the electromagnet stroke (δ).

RESEARCH PROGRESS

DC 621.317.727

Hortopan, Gh. : **The calculation of the screened resistor divider.**

Electrotehnica 12, nr. 3, march. 1964, p. 117–118

ABSTRACTS 118–119

CZ 621.315.62.015.52 : 621.315.617.5

Ignacz, P. : **Utilizarea uleiurilor siliconice ca material d protecţie împotriva conturnării izolatoarelor prin depuneri d impurităţi.** In : Elektr. — Wirtsch. 62, nr. 2, ian 1963, p 29—36, 10 fig., 2 tab., 10 ref. bibl.

CZ 621.316 DISTRIBUŢIA ŞI REGLAJUL ENERGIEI ELECTRICE. CUPLAJ. COMUTAŢIE. ÎNTRERUPTOARE. DISPOZITIVE DE PROTECŢIE

CZ 621.316.575 : 621.316.932

Hartenstein, E. **Supravegherea lichidului de stingere din întreruptoarele de putere de înaltă tensiune.** In : Energie techn. 13, nr. 3, martie 1963, p. 115—118, 4 fig., 3 tab., 8 ref. bibl.

CZ 621.316.923.012.3

Lipski, T. **Metodă grafică pentru determinarea curentului limită al unei siguranţe fuzibile.** In : Przegl. Elektrotechn. 39, nr. 3, martie 1963, p. 101—106, 4 fig., 1 tab., 31 ref. bibl.

CZ 621.317 TEHNICA MĂSURĂRILOR ELECTRICE. APARATE DE MĂSURĂ. TARIFE

CZ 621.317.3

Morren, I. : **Măsurarea corectă a mărimilor electrice fundamentale.** In : Bull. Soc. Roy. Belg. Electr. 79, nr. 1, ian 1963, p. 1—8, 5 fig.

CZ 621.317.3 : 621.3.042.2

Lanndy, J. **Măsurarea proprietăţilor tolelor magnetice.** In : Bull. Soc. Roy. Belg. Electr. 79, nr. 1, ian 1963, p. 11—22, 17 fig., 11 ref. bibl.

CZ 621.317.331

* * * **Măsurarea rezistenţelor de valoare mică.** In : Monit. Profess. Electr. Electron. 18, nr. 180, martie 1963, p. 67—71, 5 fig., 2 tab.

CZ 621.317.331 : 621.317.725

* * * **Măsurarea unei rezistenţe mari cu ajutorul unui voltmetru.** In : Monit. Profess. Electr. Electron. 18, nr. 180, martie 1963, p. 67, 1 fig., 2 tab.

CZ 621.317 :334

Gonda, G. şi *Szabo, S.* : **Măsurarea simplă a inductanţei bobinelor premagnetizate.** In : Radiotechnika 13, nr. 2, febr 1963, p. 55, 2 fig.

CZ 621.317.335 : 621.319.43.089.6

Marko, S. : **Controlul preciziei condensatoarelor variabile etalon cu aer.** In : Slaboproudy OBZ 24, nr. 2, febr 1963, p. 99—102, 2 fig., 1 tab., 4 ref. bibl.

CZ 621.317.39 : 531.78

Lafay, F.: **Măsurarea tensiunilor mecanice cu tensometre electronice.** In : Monit. Profess. Electr. Electron. 18, nr. 180, martie 1963, p. 74—79, 13 fig.

CZ 621.317.725 : 621.385

Santha, I. **Voltmetru electronic portativ de dimensiuni mici.** In : Radiotechnica 13, nr. 2, febr 1963, p. 65—66, 4 fig.

CZ 621.317.78 : 621.315.559

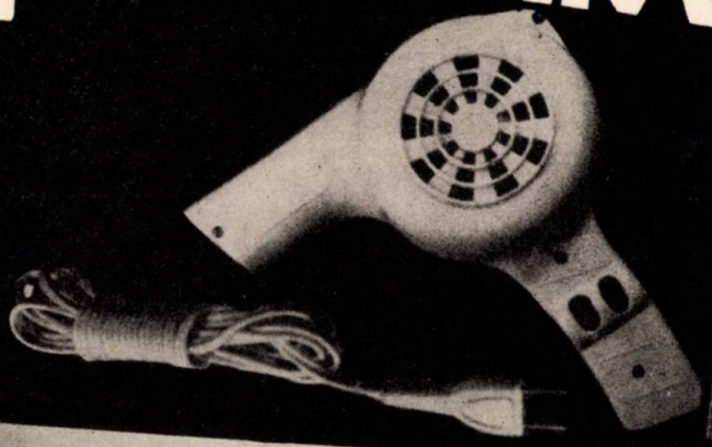
Christmann, A. : **Aparate de măsurat cu bimetal.** In : Elecktr. — Wirtsch. 62, nr. 3, febr 1963, p. 86—87, 6 fig.

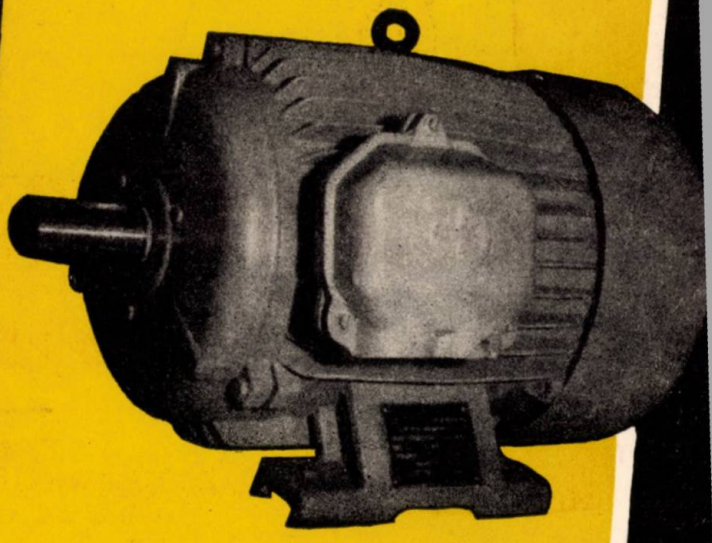
CZ 621.317.791 : 621.362

Bezikovici, A. I. şi *Zorin, D. I.* : **Aparat termoelectric cu mai multe limite pentru măsurarea curentului, tensiunii şi puterii.** In : Izm. tehnika, nr. 2, febr 1962, p. 29—32, 2 fig., 10 ref. bibl.

ORSZÁGOS KÖZPONTI 1883 KÖNYVTÁRÉS DOKUMENTÁCIÓS

Intreprinderea ELECTROMOTOR TIMIȘOARA



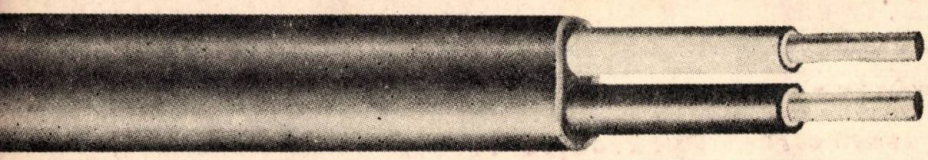


Execută:

- **motoare electrice asincrone trifazate, cu rotorul în scurtcircuit, protecție IP 44, de 4—30 kW**
- **aspiratoare de praf tip „Record"**
- **uscătoare de păr tip „Zefir"**
- **ventilatoare de masă**

FABRICA DE CABLURI ŞI MATERIALE ELECTROIZOLANTE

- UN BOGAT SORTIMENT DE CABLURI DE FORŢĂ, CU IZOLAŢIE DE HÎRTIE ŞI MATERIALE PLASTICE
- CONDUCTE ELECTRICE PENTRU INSTALAŢII
- CONDUCTORI DE BOBINAJ IZOLAŢI CU EMAIL, HÎRTIE, MĂTASE, FIRE DE STICLĂ
- CORDOANE ELECTRICE PENTRU UZ CAZNIC
- LACURI ŞI MATERIALE ELECTROIZOLANTE

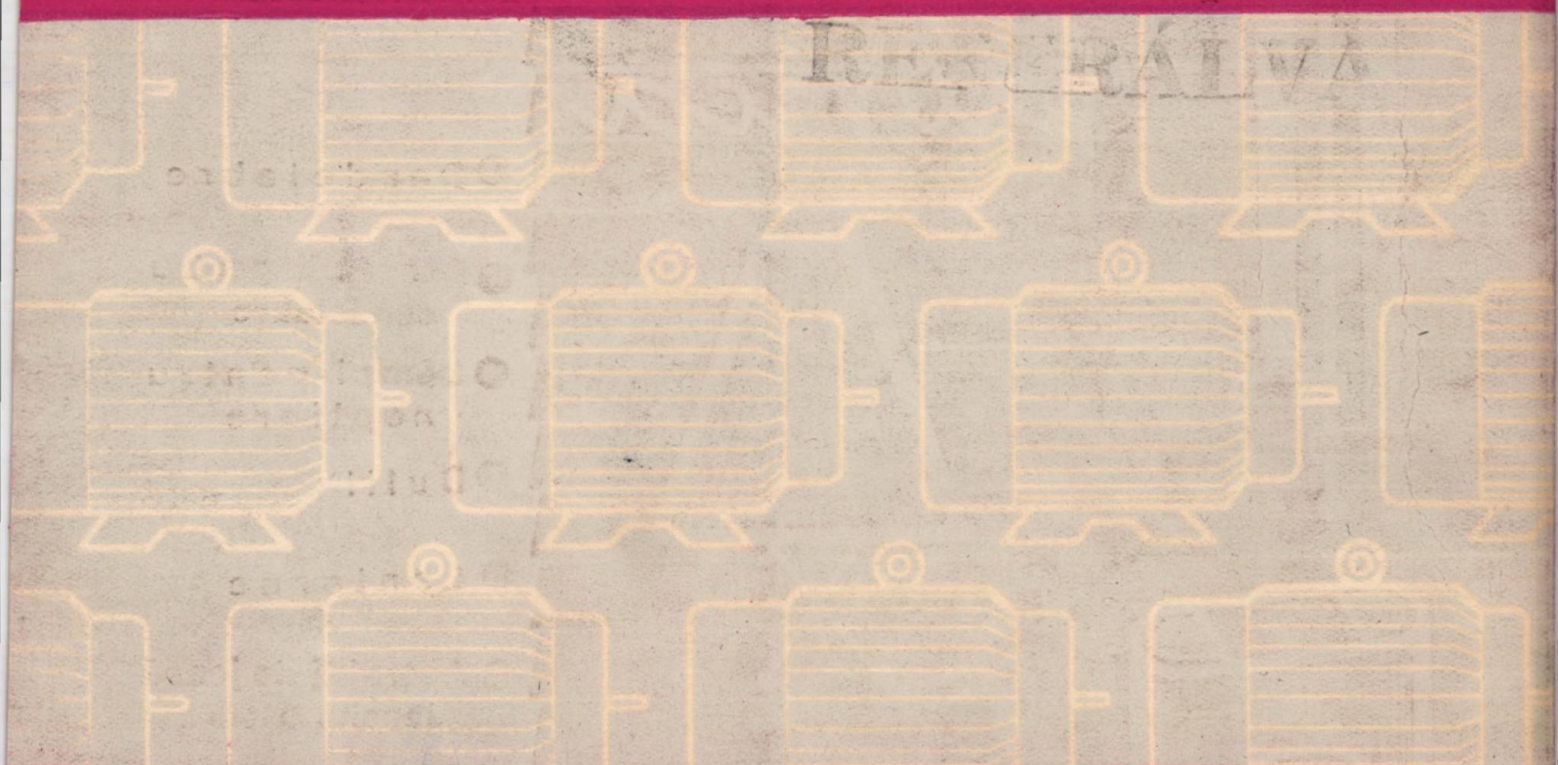


FCME

E 2040

R

ELECTROTEHNICA



Electrotehnica • Bucureşti • Anul 12 • nr. 4 • P. 121 — 160 • aprilie 1964

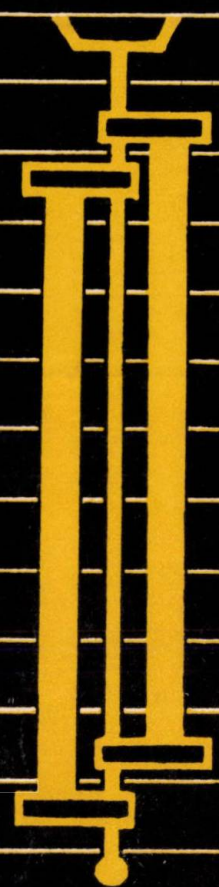
4

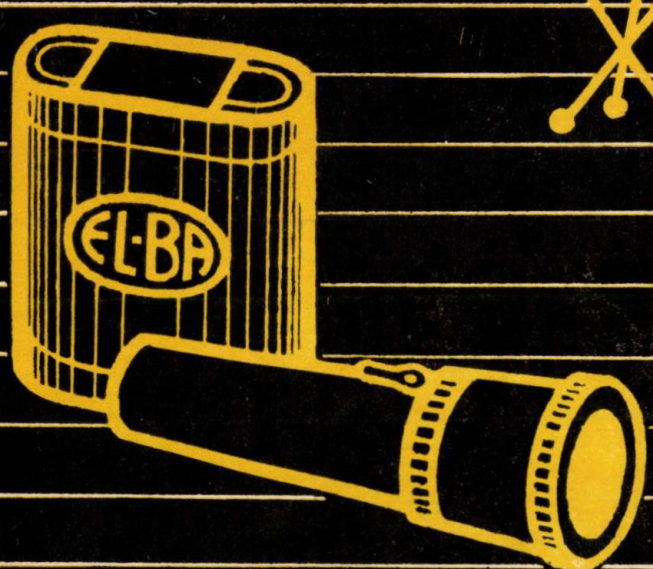
MŰSZAKI KÖNYVTÁRES DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

EL-BA

ELECTRO-BANAT

fabrică:





- Candelabre
- Accesorii pentru candelabre
- Lămpi pentru noptiere
- Dulii
- Lanterne
- Aparataj de joasă tensiune
- Baterii
- Pile electrice
- Corpuri de iluminat pentru vehicule
- Aparataj pentru vehicule

MŰSZAKI KÖNYVTÁRI ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONTI 1883

ELECTROTEHNICA

Anul 12 nr. 4 aprilie 1964

CUPRINS

CZ 621.313.333 – 758.017.72

Șora, I. : **Ventilația motoarelor asincrone închise corespunzînd gamei de puteri 0,6—100 kW.**

Electrotehnica 12, nr. 4, aprilie 1964, p. 121–124

Se tratează, în general, problema ventilației mașinilor electrice închise, se dau rezultatele măsurărilor aerodinamice efectuate la motorul de 17 kW, 1 500 rot/min, precum și rezultatele încercărilor pe motoarele de 22 și 30 kW, 3 000 rot/min, pentru obținerea unui randament maxim al ventilatorului.

CZ 621.313.1.045.5 : 621.317.333.82

Vascan, Th. și *Costina, D.* : **Studiu experimental privind fenomene de impuls în mașinile electrice rotative.**

Electrotehnica 12, nr. 4, aprilie 1964, p. 125–132

Se prezintă un studiu experimental efectuat asupra unor mașini de joasă și înaltă tensiune, punîndu-se în evidență solicitările care apar în înfășurări. De asemenea, s-a urmărit formarea unui punct de vedere (cerut de CEI) privind problemele relative la încercarea la impuls a unor categorii de mașini electrice rotative.

CZ 621.316.57.064.25+31

Cîrstea, D., Mathé, B., Ogrezeanu, St., Pânoiu, A. și *Tudorache, C.* : **Studii privind capacitatea de comutație a întreruptorului IUP-110 în condiții de laborator și rețea (I). Încercări de laborator.**

Electrotehnica 12, nr. 4 aprilie 1964, p. 132–141

Se arată rezultatele cercetărilor teoretice și experimentale efectuate în condiții de laborator. Studiul stă la baza îmbunătățirii performanțelor întreruptorului IUP-110, privind capacitatea de comutație, și reflectă preocupările tehnice ale uzinei în legătură cu trecerea de la camera „elastică" la camera „rigidă".

CZ 621.317.333.82.012.7 :621.315.624.5.027.8

Popescu, C. : **Determinarea caracteristicii de impuls tensiune-timp a izolatoarelor de înaltă tensiune.**

Electrotehnica 12, nr. 4, aprilie 1964, p. 142–148

Se prezintă instalațiile și metodele utilizate la determinarea caracteristicilor tensiune-timp pentru un izolator din sticlă călită IS—1 și pentru un lanț format din trei izolatoare IS—1. Se arată modul în care s-au prelucrat statistic valorile extrase din oscilogramele executate și se dau rezultatele experimentale obținute.

RECENZII 149—151

REFERATE 151–154

CRONICĂ 154–158

SCURTE ȘTIRI 158—159

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.13.333 – 758.017.72

Сора И.: **Вентиляция асинхронных закрытых двигателей соответствующих диапазону мощностей в 0,6—100 квт.**

Electrotehnica 12, № 4, апрель 1964, стр. 121–124

В статье обсуждается вопрос вентиляции закрытых электродвигателей в целом. Приводятся результаты аэродинамических измерений, выполненных на двигателе, мощностью 17 квт, 1500 об/мин., а также результаты испытаний на двигателях мощностью 22 и 30 квт, 3000 об/мин, для получения максимальной производительности вентилятора.

ДК 621.313.1.045.5 :621.317.333.82

Васкан Т., Костина Д.: **Экспериментальное изучение импульсных феноменов у вращательных электромашин.**

Electrotehnica 12, № 4, апрель 1964, стр. 125–132

Приводится экспериментальное изучение ряда высоковольтных и низковольтных машин и выявляются усилия, наблюдаемые в обмотках. Одновременно преследовалось установление точки зрения (по просьбе ,,CEI'') относительно вопросов, касающихся испытаний на импульс ряда категорий вращательных электромашин.

ДК 621.316.57.064.24+31

Кырстия Д., Мате Б., Огрезяну Ст. Пэною А. и *Тудораке Ч.*: **Исследования по вопросу коммутационной способности выключателя типа ,,ИУП-110'' в лабораторных условиях и сети** (I)

Electrotehnica 12, № 4, апрель 1964, стр. 132–141

Приводятся результаты теоретических и экспериментальных исследований, выполненных в лабораторных узловиях. Исследование преследует улучшение выключателя типа ,,ИУП-110'', эго коммутационной способности и выражает техничэские усилия завода в свяси с переходом ото ,,эластичной'' камеры к ,,жесткой''.

ДК 621.317.333.82.012.7 :621.315.624.5.027.8

Попеску, Ч.: **Определение импульсной характеристике напряжение — время высоковольтных изоляторов.**

Electrotehnica 12, № 4, апрель 1964, стр. 142–148

Представлены установки и методы, применяемые при определении характеристики напряжение — время для изолятора из закалённого стекла типа IS-1, а также для цепи из трёх изоляторов типа IS-1. Указывается способ статистической обработки в личин, извлечённых осцилограммных и приводятся полученные экспериментальные результаты.

РЕЦЕНЗИИ 149–151

РЕФЕРАТЫ 151–154

ХРОНИКА 154–158

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ 158–159

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.313.333 – 758.017.72

Șora, I. : **Die Belüftung der geschlossenen Asynchronmotoren der Reihe 0,6—100 kW.**

Electrotehnica 12, Nr. 4, April 1964, S. 121 – 124

Es wird, im allgemeinen, das Belüftungsproblem der geschlossenen elektrischen Maschinen behandelt ; es werden die von 17 kW, 1 500 Uml/min Motor erhaltenen lufttechnischen Messungen, sowie die mit den Motoren von 22 und 30 kW, 3 000 Uml/min bestimmten Messergebnissen, bezüglich des Lüfterwirkungsgrades, angegeben.

DK 621.313.1.045.5 :621.317.333.82

Vascan, Th. und *Costina, D.* : **Experimentelle Untersuchung der Stossvorgänge in elektrischen Maschinen.**

Electrotehnica 12, Nr. 4, April 1964, S. 125 – 132

Es wird eine experimentelle Untersuchung der elektrischen Nieder- und Hochspannungsmaschinen, unter Hervorhebung der in den Wicklungen derselben, infolge der Stossvorgänge auftretenden Beanspruchungen vorgelegt. Gleichzeitig wurde die Entwicklung eines erwünschten Standpunktes von der CEI die Stossprüfung einiger Gruppe von elektrischen Maschinen betreffend, verfolgt.

DK 621.316.57.064.25+31

Cîrstea D., Mathé, B., Ogrezeanu, St., Pănoiu, A. und *Tudorache, C.* : **Untersuchungen die die Schaltleistung des IUP-110-schalters im Prüffeld und im Betrieb betreffen (I).**

Electrotehnica 12, Nr. 4, April, 1964, S. 132 – 141

Es werden die Ergebnisse der theoretischen und praktischen auf dem Prüffstand ausgeführten Untersuchungen angegeben. Die Arbeit erzielt die Verbesserungen der technischen Eigenschaften des IUP-110-schalters, und zeigt die Bemühungen des Werkes in Bezug auf den Übergang von der „elastischen" zu der „festen" Löschkammer.

DK 621.317.333.82.012.7 :621.315.624.5.027.8

Popescu, C. : **Die Bestimmung der Stosscharakteristik Spannung-Zeit der Hochspannungsisolatoren.**

Electrotehnica 12, Nr. 4, April 1964, S. 142 – 148

Es werden die Prüfungs-Anlagen und Methoden die bei der Bestimmung der Spannung-Zeit-Charakteristik für einen Isolator aus gehärtetem Glas IS—1 und für eine Isolatorenkette bestehend aus drei Isolatoren IS—1 verwendet worden sind, vorgelegt.

Es wird die Art wie die aus den ausgeführten Oszillogrammen erhaltenen Ergebnissen statistisch bearbeitet wurden und die diesbezüglichen Messergebnisse angegeben.

BUCHBESPRECHUNGEN 149 – 151

REFERATE 151 – 154

CHRONIK 154 – 158

KURZE NACHRICHTEN 158—159

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

Anul 12 nr. 4 București, aprilie 1964

Ventilația motoarelor asincrone închise corespunzînd gamei de puteri 0,6—100 kW*

Ion Șora** — Timișoara

CZ 621.313.333 – 758.017.12

Obținerea unor indici tehnico-economici superiori ai mașinilor electrice este condiționată în afară de calculul electromagnetic și mecanic al mașinii și de realizarea unei ventilații optime.

Calculul ventilației mașinilor electrice este în general afectat de erori, datorită faptului că expresiile analitice utilizate au la bază o serie de ipoteze simplificatoare. Formele constructive diferite ale mașinilor electrice nu permit stabilirea unor relații de proiectare la ventilație, cu atît mai mult cu cît stabilirea acestor relații pentru o anumită formă constructivă este delicată [1], [2], [6], [9]. Din această cauză este necesar studiul pe cale experimentală.

La motoarele asincrone închise se utilizează fie un sistem de autoventilație exterioară (pînă la circa 30 kW, figura 1), fie un sistem de autoventilație mixtă, în care caz motorul posedă și un ventilator interior [6].

Deoarece prin tema de proiectare se impune respectarea unei anumite geometrii a motorului, rezultă că sînt posibile în majoritatea situațiilor modificări constructive limitate. În lucrare s-au urmărit în mod deosebit unele modificări care s-ar putea efectua asupra capacului ventilatorului și ventilatorului, pentru a se asigura debitul de aer necesar Q, la o putere minimă consumată de ventilator P_v.

Avînd în vedere posibilitatea funcționării motoarelor în ambele sensuri de rotație, se impune folosirea ventilatoarelor centrifuge radiale, pentru asigurarea aceluiași debit de aer de răcire.

Abordarea problemei ventilației se impune în mod deosebit la motoarele de 3 000 și 1 500 rot/min, unde pierderile prin ventilație sînt mari.

Pe baza măsurărilor experimentale efectuate se scoate în evidență influența elementelor constructive asupra eficacității sistemului de ventilație, obținîndu-se concluzii utile pentru proiectantul de mașini electrice.

Măsurări

Studiul problemei s-a făcut pornind de la măsurările experimentale efectuate asupra motorului de 17 kW, 1 500 rot/min cu rotorul în scurtcircuit.

Măsurările energetice asupra ventilatorului s-au efectuat în modul următor [8], [14]:

Debitul Q a fost măsurat în secțiunea unei conducte cu diametrul de 400 mm, atașată etanș pe capacul ventilatorului, pe partea de aspirație. Măsurarea s-a făcut cu ajutorul unui anemometru, cu un număr mare de determinări pentru eliminarea erorilor accidentale. În paralel s-au măsurat pierderile de sarcină de-a lungul conductei atașate. Aceste pierderi au fost de ordinul 0,1 mm col. apă, deci corecțiile de debit care trebuie aplicate sînt neglijabile.

Sarcina manometrică a ventilatorului s-a considerat convențional ca diferență a sarcinilor totale (static și dinamic) pentu un punct plasat după ieșirea din rotorul ventilatorului (în interiorul capacului) și unul plasat înaintea grătarului de intrare de pe capac. Astfel pierderile prin grătarul capacului au fost înglobate în pierderile aerodinamice ale ventilatorului, iar drept secțiune de refulare s-a considerat secțiunea R (fig. 1). Pierderile la intrarea în nervurile de răcire au fost înglobate în caracteristica exterioară.

---

* Măsurările aerodinamice au fost efectuate în cadrul Catedrei de mașini hidraulice a Institutului politehnic din Timișoara de conf. ing. Anton Viorica și conf. Francisc Gyulai.

** *I. Șora* este inginer proiectant principal la fabrica „Electromotor" — Timișoara.

Puterea absorbită de ventilator P_v s-a determinat prin diferența puterilor în gol ale motorului funcționînd cu și fără ventilator. S-a

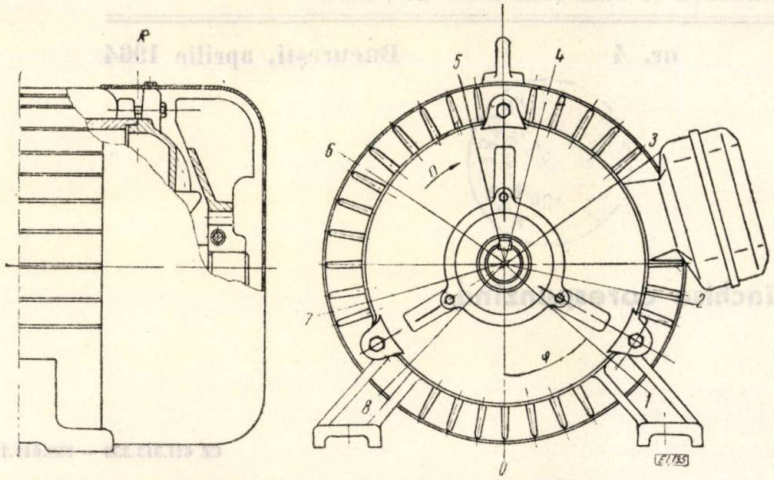


Fig. 1. Motor asincron închis, autoventilație exterioară.

admis că la aceste încărcări foarte mici pierderile în motor nu variază.

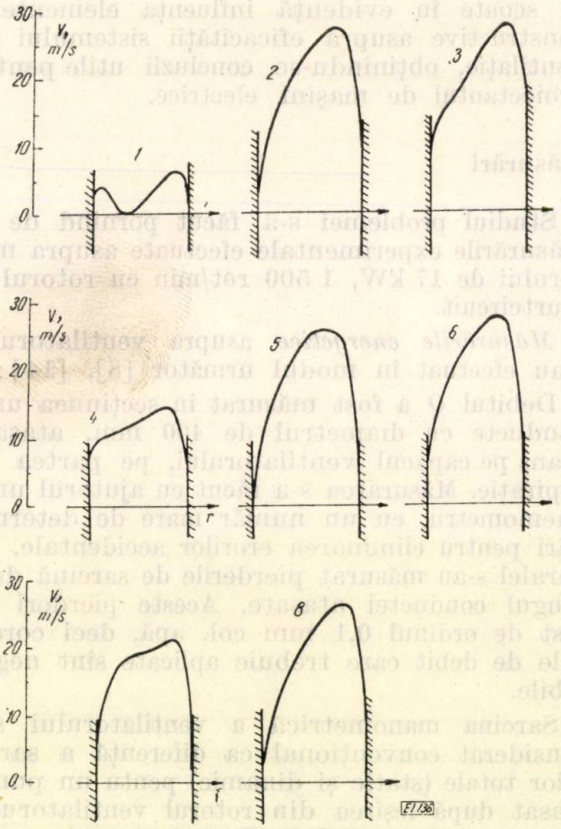


Fig. 2. Diagrama vitezei de-a lungul razei r în secțiunea de refulare R.

Randamentul ventilatorului determinat în aceste condiții rezultă din tabela 1.

Valoarea medie a căderii de presiune H este 23 kgf/m². Randamentul ventilatorului astfel calculat nu dă o imagine completă asupra ansamblului circuitului aerodinamic. Calculînd randamentul, înglobînd pierderile de la intrarea în zona nervurilor de răcire în pierderile aerodinamice ale ventilatorului, randamentul acestui ansamblu nu depășește 0,1. Concluzia care se desprinde este că pierderile în zona de angajare a curentului în canalele dintre nervuri sînt foarte mari și aceasta datorită șocului care se produce la schimbarea bruscă a direcției vitezei curentului de aer.

Tabela 1

	Regim normal de funcționare	Capac astupat la aspirație	Capac demontat
Q, m³/s	0,23	0	nu se poate măsura
P_v, W	108	40	268
η —	0,48	—	—

Sondarea cîmpului de viteze în secțiunea de refulare R s-a făcut pe opt raze și în cîte șase puncte pe fiecare rază (fig. 1 și 2). Au fost determinate valorile medii pe raze prin planimetrarea diagramelor. Variația vitezei medii pe cercul mijlociu este dată în figura 3.

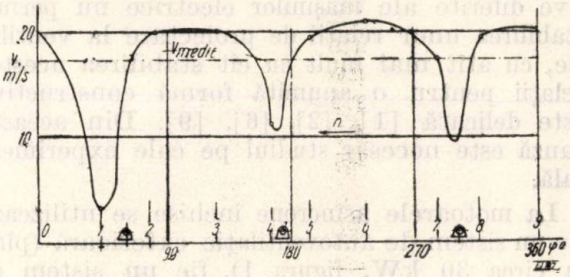


Fig. 3. Variația vitezei medii pe cercul mijlociu al secțiunii de refulare R.

Analizînd curba din figura 3 reiese efectul nefavorabil al urechilor de prindere de pe carcasă și scut. În zonele neperturbate de aceste părți, valoarea vitezei medii este în jur de 20 m/s. În zonele perturbate valoarea vitezei medii coboară pînă la 3 m/s reducîndu-se eficacitatea nervurilor de răcire din dreptul lor.

Concluzia măsurărilor impune modificarea construcției carcasei în sensul introducerii urechilor de prindere în interior; acest lucru nu este posibil din punct de vedere constructiv, deoarece lipsește spațiul necesar în interiorul carcasei.

Determinarea distribuției vitezei de-a lungul nervurilor de răcire s-a realizat măsurînd viteza în mai multe puncte ale suprafețelor spălate de curentul de aer. Pot fi deosebite trei zone calitativ distincte în privința eficacității răcirii:

α — zona în care curentul nu este deranjat de urechile de prindere ale scutului și carcasei;

β — zona în care se simte efectul dezavantajos;

γ — zona picioarelor motorului (fără nervuri de conducere între capac și picior).

În zona α există viteze relativ mari. Schimbarea bruscă de direcție, de la intrarea în zona

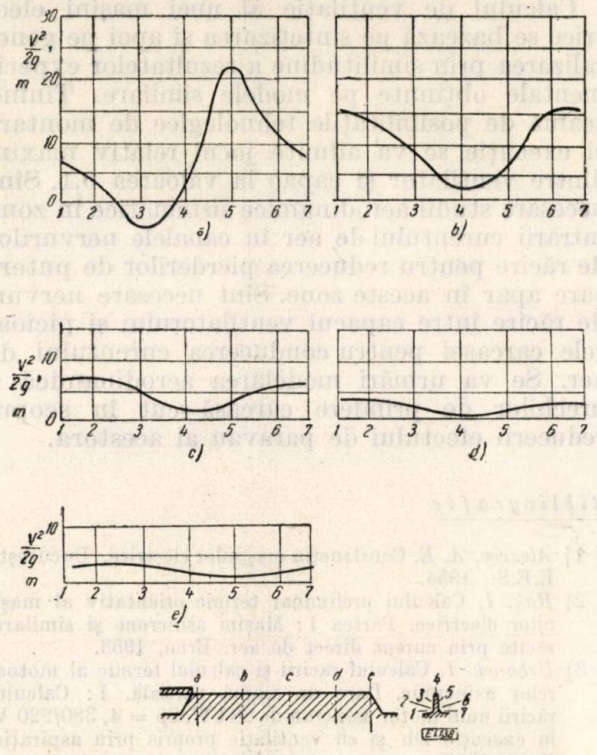


Fig. 4. Distribuția sarcinii dinamice pe suprafața unei nervuri de răcire.

nervurilor, provoacă o distribuție foarte neuniformă de viteze într-o secțiune perpendiculară pe axul motorului. În figura 4 sînt reprezentate diagramele sarcinilor dinamice în cinci secțiuni, iar în figura 5 s-a reprezentat variația vitezei medii de-a lungul nervurii. Mediile s-au calculat pe baza vitezelor măsurate la aproximativ 2 mm de suprafața nervurii. Astfel au rezultat următoarele valori pentru aceste viteze medii:

— la ieșirea de sub capac, 13—15 m/s;
— la jumătatea motorului, 9,5 m/s;
— la capătul opus ventilatorului, 7,5 m/s.

Această distribuție poate fi considerată destul de bună.

În zona β, după urechile de prindere, viteza aerului de-a lungul nervurilor de răcire este redusă și deci apare o eficacitate mică.

În zona γ, din dreptul celor două picioare ale motorului, lipsind nervurile de răcire există însemnate pierderi ale debitului de aer.

Încercări privind posibilitatea măririi debitului prin modificări constructive ale ventilatorului

Se cunoaște că modificări importante ale curbelor caracteristice la un ventilator cu o turație dată se pot obține prin varierea diametrului exterior, a unghiului constructiv al paletei de la ieșire sau a numărului paletelor. Deoarece, referitor la subansamblul ventilator, sînt impuse:

— turația motorului;
— diametrul exterior prin gabaritul motorului;
— construcția ventilatorului cu palete radiale, construcție dezavantajoasă din punct de vedere aerodinamic, necesară funcționării motorului cu două sensuri de rotație;
— numărul mic de palete (trei) și renunțarea la inel și coroană au rezultat din tendința de simplificare a tehnologiei, respectiv a reducerii costului ventilatorului.

S-au făcut măsurări privind influența jocului dintre capac și ventilator asupra valorii debitului. S-au făcut măsurări de putere și debit la diferite valori ale jocului axial, de unde a rezultat că pînă la valorile raportului dintre joc j și lățimea pe direcție axială a palatei l, $j/l = 0{,}08$, mărimea jocului nu influențează sensibil debitul și puterea. Deci, la montaj se pot admite jocuri axiale relativ mari de ordinul milimetrilor, fără ca funcționarea ventilatorului să se înrăutățească. Valoarea relativă a jocului, $j/l = 0{,}08—0{,}1$, este acceptabilă și din punct de vedere tehnologic, iar pe de altă parte este suficientă pentru a împiedica reîntoarcerea curentului de aer spre aspirație.

De asemenea, s-au determinat pierderile prin grătarul capacului ventilator, rezultînd o că-

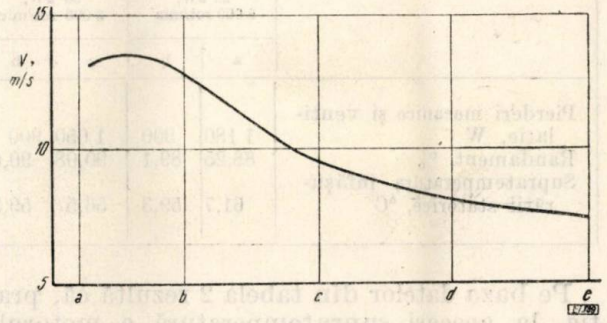


Fig. 5. Variația vitezei medii de-a lungul nervurii de răcire.

dere de presiune de 2,6 kgf/m², valoare care poate fi redusă prin îmbunătățirea construcției grătarului.

Îmbunătățirea randamentului

Ținînd seamă de măsurările aerodinamice prezentate la punctul 1, s-a pus problema ameliorării randamentului motoarelor asincrone închise cu rotorul în scurtcircuit, corespunzînd puterii de 22 kW și 30 kW, 3 000 rot/min, prin asigurarea debitului de aer necesar la o putere minimă consumată de ventilator. Deoarece elementele constructive ale carcasei și palierelor erau definitivate, s-a urmărit aspectul

modificării jocului relativ dintre ventilator și capac de la valoarea $j/l = 0{,}3$ la 0,1 și a unghiului de ieșire al paletei, realizîndu-se racordări în circuitul aerodinamic cu o rezistență minimă [15].

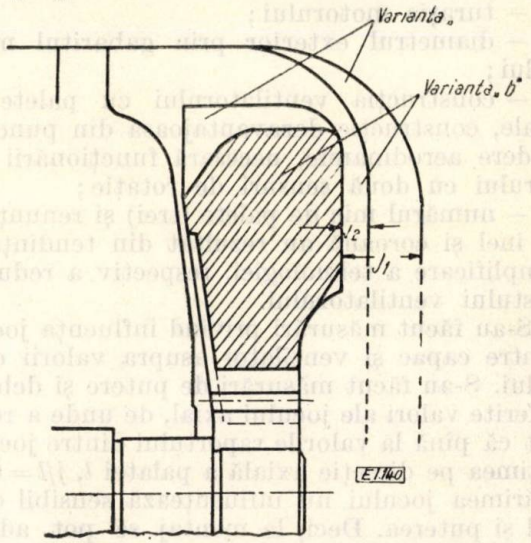


Fig. 6. Variantele *a* și *b* experimentate.

În tabela 2 sînt indicate rezultatele experimentale ale probei în sarcină, efectuate pentru cele două variante ale sistemului de ventilație, *a* și *b*, caracterizate prin jocuri relative de 0,3, respectiv 0,1.

Tabela 2

	22 kW, 3 000 rot/min		30 kW, 3 000 rot/min	
	a	b	a	b
Pierderi mecanice și ventilație, W	1 180	900	1 050	900
Randament, %	88,25	89,1	90,08	90,6
Supratemperatura înfășurării statorice, °C	61,7	59,3	56,5	59,3

Pe baza datelor din tabela 2 rezultă că, practic, la aceeași supratemperatură a motorului în regimul staționar și la aceeași sarcină nominală pierderile prin ventilație au scăzut cu 280 W la motorul de 22 kW, respectiv 150 W la motorul de 30 kW.

Aceste valori prezintă o semnificație energetică importantă, dacă se ține seamă de faptul că motorul de inducție este răspîndit în acționările electrice. Considerînd o funcționare de 3 000 h într-un an, se constată că se realizează o economie de energie electrică de 840 kWh la motorul de 22 kW, respectiv 450 kWh la motorul de 30 kW. Desigur că aceste cifre scot și mai mult în evidență pentru proiectantul de mașini electrice importanța problemei ventilației.

Concluzii

Calculul de ventilație al unei mașini electrice se bazează pe sintetizarea și apoi pe generalizarea prin similitudine a rezultatelor experimentale obținute pe modele similare. Ținînd seamă de posibilitățile tehnologice de montare și execuție se va admite jocul relativ maxim dintre ventilator și capac la valoarea 0,1. Sînt necesare studii aerodinamice sistematice în zona intrării curentului de aer în canalele nervurilor de răcire pentru reducerea pierderilor de putere care apar în aceste zone. Sînt necesare nervuri de răcire între capacul ventilatorului și picioarele carcasei pentru conducerea curentului de aer. Se va urmări modelarea aerodinamică a urechilor de prindere carcasă-scut în scopul reducerii efectului de paravan al acestora.

Bibliografie

[1] *Alexeev, A. E.* Construcția mașinilor electrice. București, E.E.S., 1954.
[2] *Hak, I.* Calculul preliminar termic orientativ al mașinilor electrice. Partea I: Mașini asincrone și similare, răcite prin curent direct de aer. Brno, 1953.
[3] *Urbanek, I.* Calculul răcirii și calculul termic al motoarelor asincrone. Dare de seamă parțială. I: Calculul răcirii unui motor asincron de 28 kW, $2p = 4$, 380/220 V, în execuție Db și cu ventilație proprie prin aspirație. Brno, 1954.
[4] *Hak, I.* Răcirea mașinilor electrice prin convecție. Partea I teoretică. Brno, 1954.
[5] *Hak, I.* Aripioare de răcire ale mașinilor electrice, comportarea la convecție forțată. Partea a II-a: Rezultatele măsurărilor. Brno, 1954.
[6] * * * Manualul inginerului electrician, vol. II. București, Editura tehnică, 1954.
[7] *Richter, R.* Mașini electrice, vol. I. București, Editura tehnică, 1958.
[8] Bărglăzan, A. și colectiv. Încercările mașinilor hidraulice și pneumatice. București, Editura tehnică, 1959.
[9] *Postnikov, M. I.* Proiectirovanie elektriceskih mașin. 1960.
[10] *Gotter, G.* Nagrevanie i ohlajdenie elektriceskih mașin. 1961.
[11] *Jerve, G, K.* Încercările industriale ale mașinilor electrice. București, Editura tehnică, 1961.
[12] *Mochvitin, A. I.* Neposredstevnnoe ohlajdenie elektriceskih mșin. Moscova, Akademia Nauk S.S.S.R., 1962.
[13] *Borisenko, A. I.* și *Gorojankin, A. P.* Issledovanie ventiliații i ohlajdenia zakrîtîh elektrodvigatelei. Trudî Harkovskogo aviaționnogo instituta. 1954.
[14] *Șora, I.* Determinarea pierderilor în mașini electrice prin efectuarea încercării de lansare. In: Electrotehnica **10**, nr. 11, 1962, p. 408.
[15] *Maltev, V. V.* Ventilaționîi rasciot zakrîtîh asinkronnîh dvigatelei moșcinostin 0,6—100 kW. In: Vestnik. Elektropromîșlennosti, nr. 3, 1962, p. 24.

Intrat în redacție la 25.03.1963.

Studiu experimental privind fenomene de impuls în mașinile electrice rotative

Theodor Vascan * — București și **Dorin Costina** ** — Craiova

CZ 621.313.1.045.5 : 621.317.333.82

Este cunoscut faptul că mașinile electrice rotative în exploatare sînt solicitate cu unde de impuls, ca urmare a supratensiunilor care apar în rețea [1]. Aceasta are loc indiferent dacă mașina este legată direct la rețea sau prin intermediul unui transformator [2]. Pentru stabilirea unor metode adecvate de defectoscopie și de încercare a rigidității dielectrice la impuls este necesară cunoașterea fenomenelor care au loc în înfășurare la pătrunderea undei de impuls.

Înfășurarea unei mașini electrice rotative poate fi comparată, din punctul de vedere al fenomenelor de impuls, cu o linie de transmisie cu capacități și inductanțe într-o schemă complexă, spre deosebire de aceasta însă impulsul de tensiune este puternic amortizat. Pe măsură ce unda de impuls intră în înfășurare, apar deci fenomene care duc la modificarea atît a formei undei, cît și a amplitudinii. Teoretic, problema nu este rezolvată decît pentru cazuri simple, adoptînd ipoteze simplificatoare. Astfel, echivalîndu-se înfășurarea mașinii cu un lanț de cuadripoli, ca în figura 1, *a*, se dau formule pentru calculul tensiunilor maxime care apar la solicitarea cu o undă de impuls [3]. Un alt autor [4], neglijînd cuplajele capacitive dintre secții și pierderile în fier și conductori, dă relații pentru calculul tensiunii de impuls în diverse puncte ale înfășurării. În sfîrșit, într-o lucrare mai recentă [5] se consideră ca mai apropiată de realitate o schemă echivalentă ca în figura 1, *b*, în care s-au neglijat capacitățile serie, în raport cu cele față de pămînt și s-au prevăzut rezistențe pentru a se ține seamă de pierderile prin curenți turbionari care au loc în miez. Se dă expresia tensiunii față de pămînt $u = f(t)$, atît pentru cazul excitării înfășurării cu impuls unitar, cît și pentru cel cu o undă de impuls oarecare.

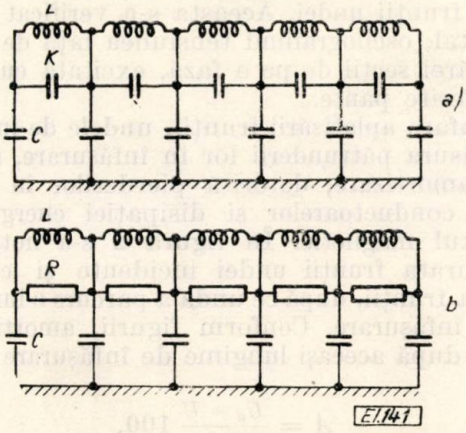


Fig. 1. Schema echivalentă a unei porțiuni de înfășurare:
a — după Wellauer; *b* — după Kerényi.

În toate cazurile, folosirea relațiilor date este dificilă, nu atît din cauza complexității lor — mașina digitală de calcul înlătură acest neajuns — , cît datorită faptului că se cere cunoașterea elementelor L, C, K, R, greu de apreciat. Aceasta face ca determinarea prin calcul a solicitărilor în diverse puncte ale înfășurării să fie relativ puțin folosită în practică [2].

Metoda și condițiile de experimentare

Rezolvarea pe cale experimentală a acestei probleme permite obținerea unei imagini cuprizătoare asupra fenomenelor care au loc în mașină la solicitarea ei cu impulsuri de tensiune.

Cercetarea s-a efectuat cu ajutorul unor generatoare de impulsuri repetate, realizate la ICPE. Pentru aceasta s-au utilizat:

Generatorul de impulsuri repetate, bicanal, cu osciloscograf inclus [6], cu caracteristicile:

- tensiunea maximă la ieșire, $U_{max} = 10$ kV;
- capacitatea de impuls, $C_i = 0{,}1$ μF;
- forma undei: durata frunții τ_f reglabil începînd cu 0,25 μs;
- durata semiamplitudinii, τ_q reglabil între 25 și 100 μs (pe rezistența de sarcină proprie);
- polaritatea impulsului, pozitivă;
- frecvența de repetiție, $f = 50$ imp./s.

Generatorul de impulsuri repetate, cu un canal, cu caracteristicile:

- tensiunea maximă la ieșire, $U_{max} = 10$ kV;
- capacitatea de impuls, $C_i = 0{,}115$ μF;
- forma undei: durata frunții, τ_f reglabil începînd cu 0,25 μs;
- durata semiamplitudinii, $\tau_q = 50$ μs (pe rezistența de sarcină proprie);

* Ing. *T. Vascan* este cercetător la ICPE.
** Ing. *D. Costina* este șef de laborator la UEPC.

— polaritatea impulsului, negativă;
— frecvența de repetiție, $f = 50$ imp./s.

Tabela 1

Caracteristicile mașinii

Mașina nr.	Tip	P_n, kW	U_n, V	n, rot/min
1	Motor asincron cu rotorul în scurt-circuit	4,5	577/1 000	735
2	M I F	200	6 000	1 000
3	M I F	1 000	6 000	739
4	MSAG	500	6 000	750

Experiențele s-au efectuat la ICPE și UEPC pe mașini de joasă și înaltă tensiune, de puteri cuprinse între 4,5 și 1 000 kW. Datele nominale ale mașinilor sînt arătate în tabela 1, iar caracteristicile înfășurărilor sînt date în tabela 2.

Tabela 2

Caracteristicile înfășurării

Mașina nr.	Tipul înfășurării	q crestături pe pol și fază	y crestături	n secții pe fază	w spire pe secție	l_{sp}, m
1	buclată în două straturi	2	6	16	18	—
2	buclată în două straturi	3	7	18	15	1,92
3	buclată în două straturi	4	10	16	10	3,3
4	buclată în două straturi	3	7	24	10	2,46

Măsurările au fost executate fie la înaltă tensiune, folosindu-se oscilograful propriu al generatorului, fie la joasă tensiune, cu oscilografe de impuls de tipurile IO—4 și OG1—8.

În majoritatea cazurilor, în schemele de măsurare, mașina a avut conexiunea stea, bornele neimpulsionate fiind legate la pămînt prin rezistențe de 500 Ω, ceea ce corespunde din punctul de vedere al fenomenelor de impuls situației care este cel mai des întîlnită în practică.

Unii autori au făcut experimentări similare, punînd direct la pămînt fazele neimpulsionate. Aceasta afectează numai tensiunile pe ultima parte a fazelor neimpulsionate, dat fiind că rezistența de închidere în funcție de valoarea impedanței caracteristice a mașinii determină caracterul reflexiei undelor.

Fenomene care apar la pătrunderea undei de impuls în mașina electrică

La considerarea propagării undelor de impuls trebuie să se țină seamă de faptul că porțiuni de înfășurare depărtate între ele — din punctul de vedere al succesiunii înfășurării — sînt apropiate spațial, găsindu-se uneori în aceeași crestătură. Cuplajele care iau naștere în acest caz complică mult calculele.

Undele incidente se compun cu undele reflectate și cu undele induse directe sau reflectate, îngreuind urmărirea lor în interiorul înfășurării.

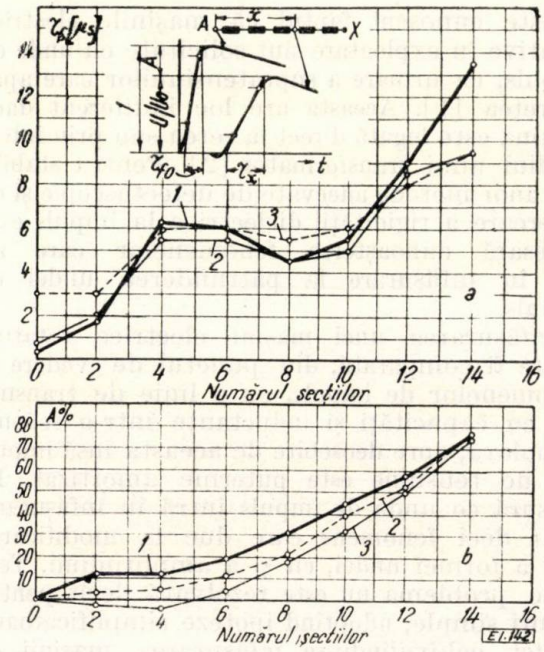


Fig. 2. Variația întinderii frunții *a* și amortizarea *b* la pătrunderea undei de impuls în înfășurarea mașinii: $1 - \tau_f = 0{,}25$ μs; $2 - \tau_f = 0{,}75$ μs; $3 - \tau_f = 3$ μs.

Calculul arată, calitativ, că rezultatul acestor modificări ale undei incidente este aplatisarea frunții undei. Aceasta s-a verificat experimental, oscilografiind tensiunea față de masă a fiecărei secții de pe o fază, excitată cu unde de diferite pante.

În afara aplatisării frunții, undele de impuls, pe măsura pătrunderii lor în înfășurare, suferă și o amortizare, datorită pierderilor în rezistența conductoarelor și disipației energiei în circuitul magnetic. În figura 2 s-a notat cu τ_{f0} durata frunții undei incidente și cu τ_x, durata frunții, după ce unda a parcurs o lungime x de înfășurare. Conform figurii, amortizarea undei după aceeași lungime de înfășurare este:

$$A = \frac{U_0 - U}{U_0} 100.$$

Se confirmă faptul că undele cu frunte abruptă sînt mai întinse și mai amortizate față de cele cu fruntea mai lentă, pe măsura pătrunderii lor în interiorul înfășurării [7].

În figura 3 se arată oscilogramele după care s-au construit curbele 3 din figura 2, *a* și 2, *b*.

Amortizarea undelor de impuls și întinderea frunții lor explică solicitarea mai mică la care

este supus restul înfășurării în comparație cu secțiile de intrare.

O imagine sugestivă a pătrunderii undei de impuls în înfășurare este arătată în figura 4. scade însă repede din cauza amortizării componentelor rapide, așa că în înfășurare undele se propagă cu viteza componentelor lente [9]. Determinarea experimentală a vitezei medii

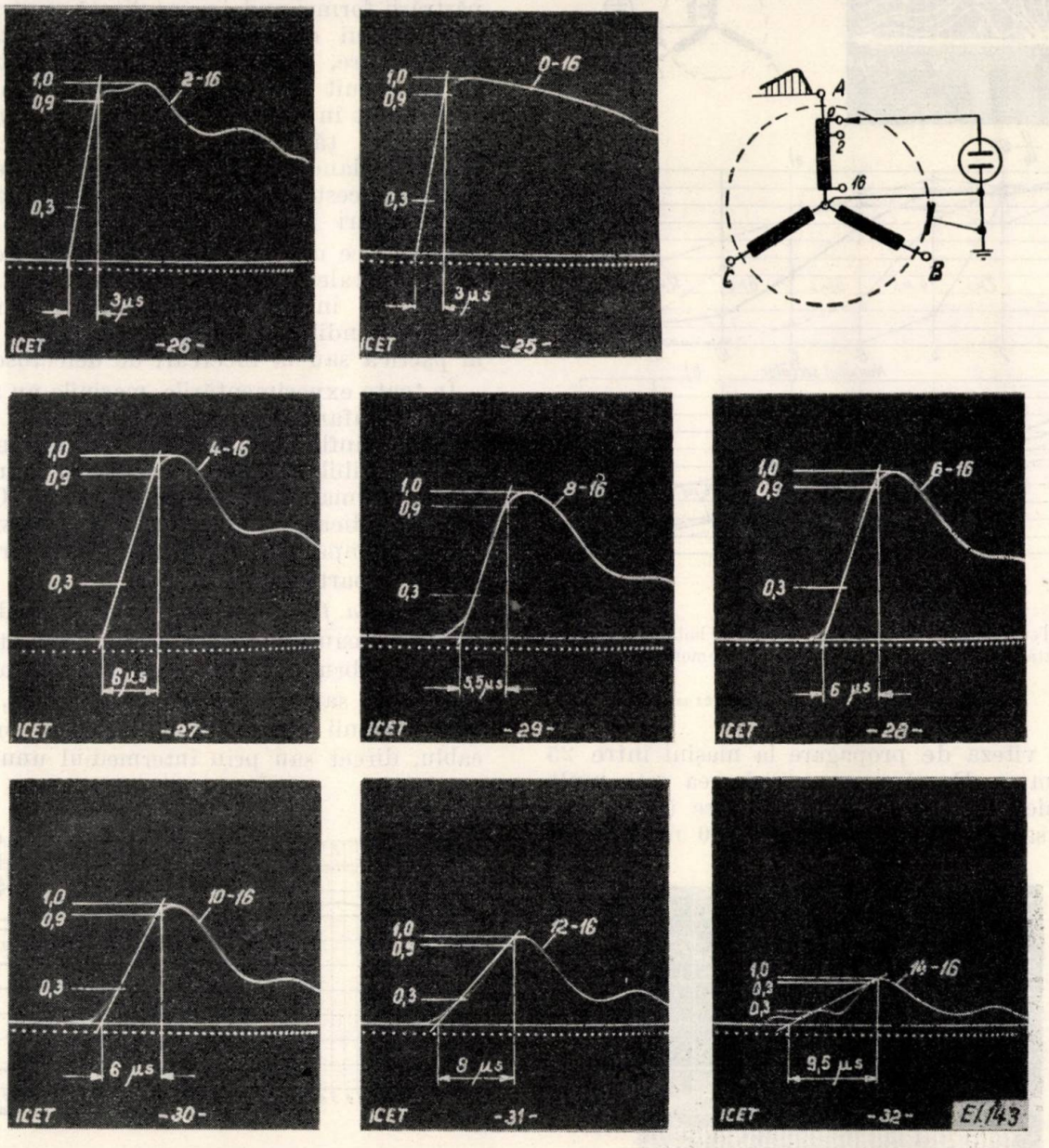


Fig. 3. Tensiunile de impuls pe faza A – X, mașina *1*. Unda incidentă 3/37 μs – oscilograma 25.

Se observă cum în momentele imediat următoare aplicării impulsului sînt solicitate numai secțiile de la începutul fazei excitate.

Viteza de propagare a undelor de impuls în înfășurarea mașinilor electrice rotative. În unele lucrări teoretice se arată că, în conductoarele cuplate, cum este cazul la înfășurările în două straturi, iau naștere perechi de unde cu viteze diferite, componente rapide și lente ale undei incidente [8]. În secțiunea de intrare unda pătrunde cu o viteză mai mare. Aceasta

V_m se poate face prin mai multe metode. S-a folosit metoda oscilografierii oscilației punctului neutru [10]. Într-adevăr, dacă înfășurarea are neutrul liber, acesta se comportă ca un capăt de linie deschisă și oscilează. Sfertul perioadei de oscilație reprezintă timpul de parcurgere a întregii înfășurări de către undă, $V_m = \frac{L}{T/4}$.

Din figura 5 rezultă $T/4 = 15$ μs; pentru o lungime a înfășurării pe o fază $L_f = 530$ m, $V_m = 35$ m/μs. Unii autori [9], [11] înca-

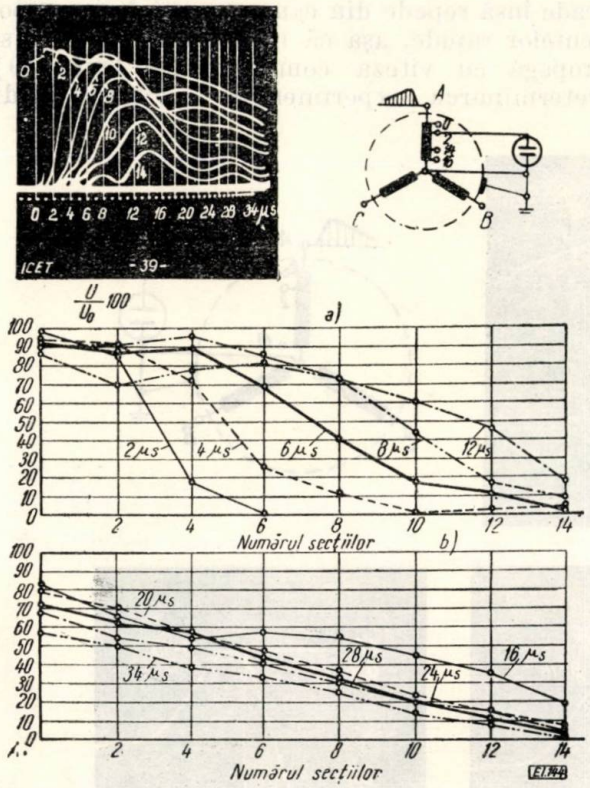


Fig. 4. Tensiunea de impuls pe grupuri de bobine la mașina *1* solicitată cu undă 0,75/37 μs în diferite momente de la aplicarea impulsului:
a – timp de 12 μs; *b* – continuare pînă la 34 μs.

drează viteza de propagare la mașini între 25 și 50 m/μs. După cum se vede, ea este mult mai mică față de transformatoare (circa 150 m/μs) sau linii de transmisie (300 m/μs).

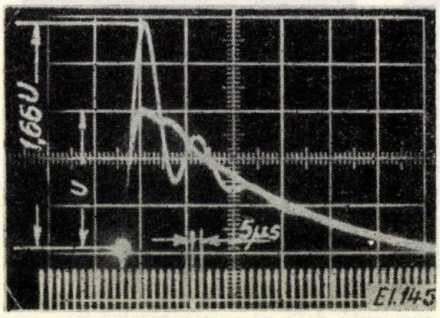


Fig. 5. Oscilația punctului neutru la mașina *3*.

Repartiția tensiunii de impuls pe înfășurarea mașinilor electrice

Determinarea solicitărilor la impuls atît în privința izolației crestăturii sau a izolației secțiilor în capul înfășurării, cît mai ales a izolației dintre spire, se poate face numai pe baza cunoașterii repartiției tensiunii de impuls.

De asemenea, trebuie cunoscută influența diverșilor factori ca: forma undei, amplitudinea undei, tipul conexiunii etc., asupra repartiției tensiunii de impuls. De altfel, trebuie arătat că, deși pînă acum nu sînt normalizate probele la impuls pentru mașinile rotative, o serie de probleme, cum ar fi: oportunitatea păstrării formei undei normalizată pentru restul materialului electrotehnic, valoarea tensiunii de încercare, tehnica executării încercării etc., au constituit obiectul unor discuții în cadrul CEI și sînt în atenția comitetelor naționale din numeroase țări. Astfel, în U.R.S.S., Franța, R.F.G., Olanda, Elveția, S.U.A. s-au efectuat studii în acest sens, bazate pe un vast program de cercetări [2], [7], [9], [10].

În cele ce urmează se vor prezenta rezultate experimentale privind repartiția tensiunii de impuls pe înfășurarea mașinilor studiate, în diferite condiții de solicitare care pot apărea în pactică sau la încercări de defectoscopie.

În toate experimentările, mașinile nu au avut rotor, în afară de încercările care au urmărit studierea influenței acestuia. La mașina *1* au fost accesibile numai capetele grupurilor de bobine formate din cîte două secții. Caracteristicile ridicate pe această mașină servesc numai la compararea influenței diverșilor factori asupra repartiției.

Influența formei undei. Fruntea undei care solicită mașina în exploatare are o pantă lentă sau mai abruptă, supratensiunea putînd fi de comutație sau de origine atmosferică, transmisă mașinii printr-o linie aeriană, printr-un cablu, direct sau prin intermediul unui transformator. Influența pantei frunții este arătată în figurile 6, 7, 8, 10, 11, iar a semiamplitudinii, în fig. 9. În toate diagramele de repartiție a tensiunii este vorba de tensiunile maxime pe secții. Variația în timp a alurii repartiției se vede în figura 4. În faza cvasistaționară se observă formarea undelor staționare, pentru ca după circa 20 μs să se ajungă la o repartiție triunghiulară a tensiunii (neutrul la pămînt). După cum rezultă din diagrame, repartiția

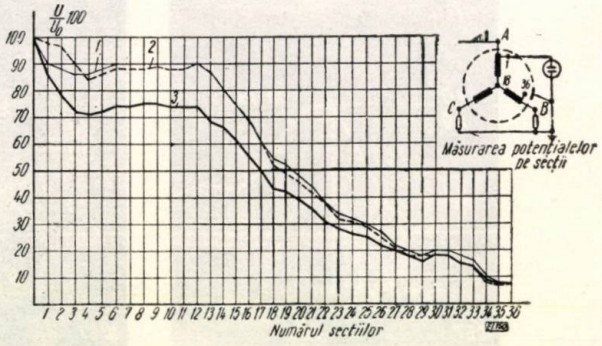


Fig. 6. Repartiția tensiunii de impuls pe secțiile mașinii *2*:
1 – undă 0,25/50 μs; *2* – undă 1/50 μs; *3* – undă 3/50 μs.

este condiționată de fruntea undei, atunci cînd semiamplitudinea este considerabil mai mare ca fruntea. Practic, în figura 9 alura curbelor este

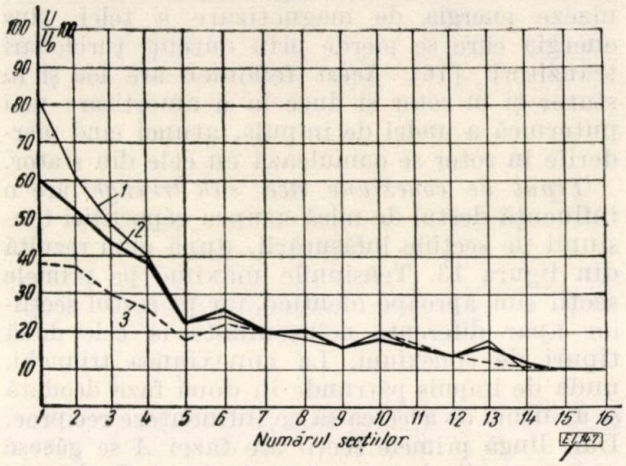


Fig. 7. Repartiția tensiunii de impuls pe secțiile mașinii *3*:
1 – undă 0.25/50 μs; *2* – undă 1/50 μs; *3* undă 3/50 μs.

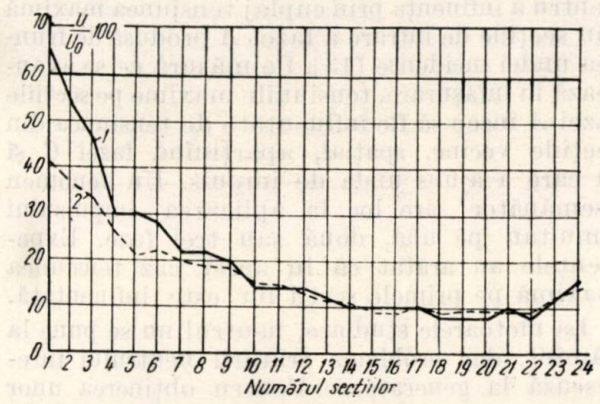


Fig. 8. Repartiția tensiunii de impuls pe secțiile mașinii *4*:
1 – undă 1/50 μs; *2* – undă 3/50 μs.

aceeași pentru cele trei tipuri de undă cu semiamplitudinea variind de la 30 la 70 μs. Aceasta poate prezenta un anumit interes, ținînd seamă că la unele mașini cu impedanță mică, pentru

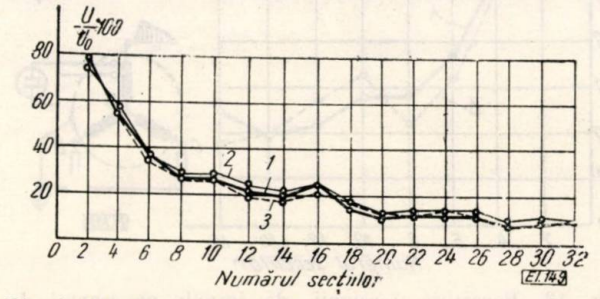


Fig. 9. Repartiția tensiunii de impuls pe grupuri de bobine la mașina *1*:
1 – undă 0,75/30 μs; *2* – undă 0,75/50 μs; *3* – undă 075/70 μs.

obținerea duratei semiamplitudinii normalizate pot fi necesare generatoare de impuls puternice, costisitoare, în timp ce încercarea cu o undă cu semiamplitudinea mai mică creează solicitări similare din punctul de vedere al repartiției tensiunii în înfășurare și este mai ușor de realizat.

Curbele din figurile 6, 7 arată că fronțile abrupte dau o repartiție pronunțat neuniformă, secțiile de intrare fiind mult solicitate. Astfel, la o undă cu durata frontii $\tau_f = 0{,}25$ μs, secția de intrare a fost solicitată cu o tensiune de circa 0,8 U_0, U_0 fiind amplitudinea undei incidente. Fronțile lente, $\tau_f = 3$ μs produc pe aceeași secție o solicitare de circa 0,4 U_0.

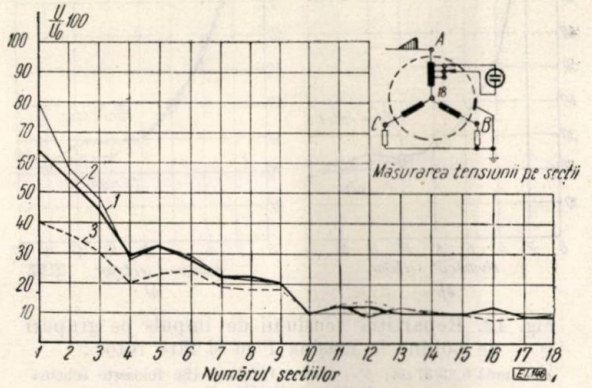


Fig. 10. Repartiția potențialelor pe secțiile mașinii *2*:
1 – undă 0,25/50 μs; *2* – undă 1/50 μs; *3* – undă 3/50 μs.

Această repartiție mai uniformă, dată de undele de impuls mai puțin abrupte, sugerează folosirea lor la defectoscopia pe mașinile de joasă tensiune, avînd o izolație a conductoarelor în email la care nu este recomandabil ca ten-

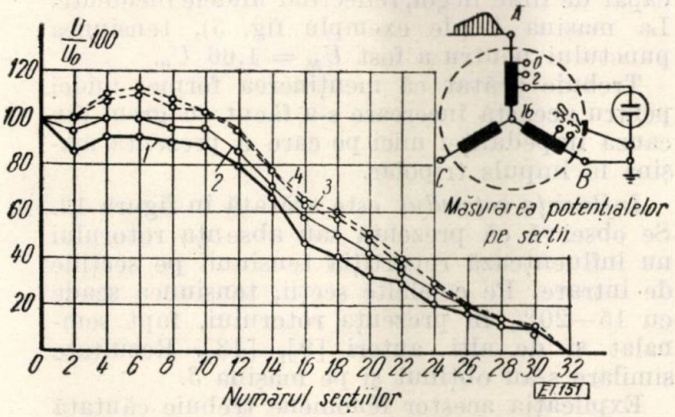


Fig. 11. Repartiția potențialelor pe secțiile mașinii *1*:
1 – undă 0,25/37 μs; *2* – undă 0,75/37 μs; *3* – undă 2/37 μs; *4* – undă 3/37 μs.

siunea pe spiră să fie mai mare de 500 V [12]. Spre sfîrșitul înfășurării, solicitările scad pînă la circa 0,1–0,2 U_0, atît la undele cu frunte rapidă, cît și la cele cu frunte lentă, lucru explicabil, datorită faptului că undele cu frunte abruptă sînt transformate în interiorul înfășurării în unde cu frunte lentă (fig. 2). Faptul că secțiile sînt cu atît mai puțin solicitate, cu cît sînt mai depărtate de borna impulsionată, exceptînd punctul neutru unde se produc reflexii, se explică prin amortizarea undei și

întinderea frunții ei pe măsura pătrunderii în interiorul bobinajului.

Pentru aprecierea solicitărilor față de masă s-a trasat, după oscilograme, repartiția potențialului secțiilor în figurile 10 și 11.

La impulsul unipolar, maximele tensiunii dintre înfășurare și carcasă scad de la 100% la

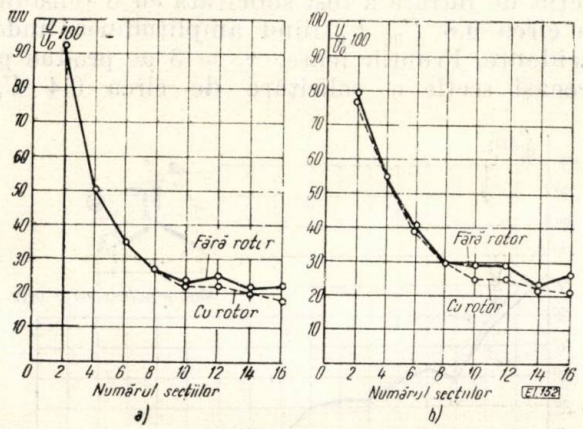


Fig. 12. Repartiția tensiunii de impuls pe grupuri de bobine la mașina *1* cu și fără rotor:
a — undă 0,25/37 μs; *b* — undă 0,75/37 μs. (Se folosește schema de măsură din fig. 6).

borna impulsionată sau, cum este cazul la mașina *1*, de la 110%, pe secțiile imediat următoare începutului fazei, pînă la circa 50—60% la punctul neutru.

La impulsul tripolar, cu neutrul liber, acesta se comportă, după cum s-a mai arătat, ca un capăt de linie în gol, reflectînd undele incidente. La mașina *3* (de exemplu fig. 5), tensiunea punctului neutru a fost $U_N = 1{,}66\ U_0$.

Trebuie arătat că menținerea formei undei pentru această încercare s-a făcut cu greu, din cauza impedanței mici pe care o prezenta mașina la impuls tripolar.

Influența rotorului este arătată în figura 12. Se observă că prezența sau absența rotorului nu influențează repartiția tensiunii pe secțiile de intrare. Pe celelalte secții, tensiunea scade cu 15—20% în prezența rotorului, fapt semnalat și de alți autori [9], [13]. Rezultate similare s-au obținut și pe mașina *3*.

Explicația acestor fenomene trebuie căutată în influența pe care o exercită fierul rotorului asupra undei de impuls care se propagă în înfășurarea statorică. Influența fierului asupra tensiunii din înfășurarea impulsionată se întîlnește, de altfel, și la transformatoarele încercate la impuls [14], [15].

Într-adevăr, pe primele secții, repartiția tensiunii nu poate fi afectată vizibil de prezența rotorului, din cauza imposibilității pătrunderii bruște a cîmpului magnetic de impuls produs de undele cu frunte abruptă, în tolele rotorului, sau, altfel spus, curentul Foucault în fier nu împiedică decît pentru o durată de ordinul microsecundelor pătrunderea fluxului în fier. După acest timp, pe măsură ce unda pătrunde în înfășurare, cîmpul produs de ea pătrunde în fier. Unda de impuls, considerată ca sursă energetică a acestui cîmp magnetic, trebuie să furnizeze energia de magnetizare a tolei, plus energia care se pierde prin curenți turbionari tranzitorii [16]. Acest fenomen are loc și în stator și în rotor și duce la o amortizare mai puternică a undei de impuls, atunci cînd pierderile în rotor se cumulează cu cele din stator.

Tipul de conexiune stea sau triunghi are o influență destul de mică asupra repartiției tensiunii pe secțiile înfășurării, după cum rezultă din figura 13. Tensiunile maxime pe primele secții sînt aproape identice, iar pe restul secțiilor apar diferențe neînsemnate la cele două tipuri de conexiuni. La conexiunea triunghi, unda de impuls pătrunde în două faze deodată și ar urma ca acestea să se influențeze reciproc. Dar, lîngă primele secții ale fazei *A* se găsesc vecine secții, de exemplu, ale fazei *C*, dar nu acelea prin care pătrunde impulsul. Unda de impuls nu a ajuns încă în aceste secții ale fazei *C* pentru a influența prin cuplaj tensiunea maximă din secțiile de intrare a fazei *A* produsă de fruntea undei incidente [13]. Pe măsură ce se avansează în înfășurare, tensiunile maxime pe secțiile fazei *A* încep să fie influențate de tensiunea din secțiile vecine, spațial, aparținînd fazei *C* și în care a ajuns unda de impuls. Un fenomen asemănător are loc la aplicarea impulsului simultan pe una, două sau trei faze. Experiențele au arătat că în acest caz tensiunea maximă pe primele secții nu este influențată.

La motoarele studiate, neutrul nu se pune la pămînt, dar problema tratării neutrului interesează la generatoare. Pentru obținerea unor

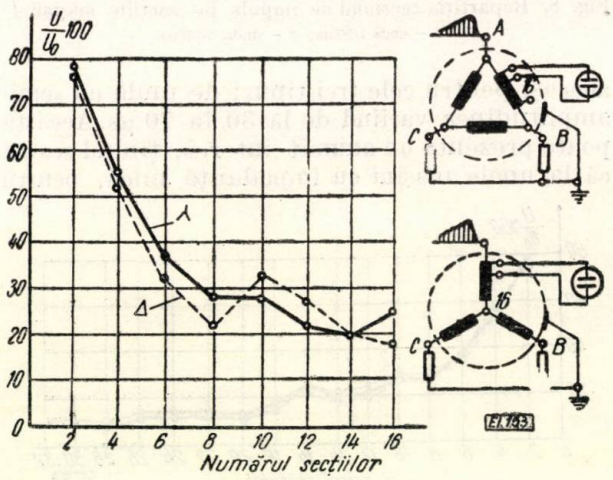


Fig. 13. Repartiția tensiunii de impuls pe grupuri de bobine la mașina *1*, conexiune stea și triunghi, undă 0,75/37μs.

indicații calitative în acest sens s-a ridicat repartiția tensiunii cu neutrul pus la pămînt direct sau printr-o rezistență. Diagrama rezultată din figura 14 arată că în secțiile de intrare nu sînt diferențe, în timp ce spre sfîrșitul înfășurării

tensiunea pe secții este modificată, datorită undelor reflectate.

În general, undele reflectate, avînd o frunte lentă și fiind mult amortizate, nu produc creșteri însemnate ale tensiunii pe secții.

Diferențe mari sînt, desigur, în privința repartiției potențialelor și ele depind de raportul în

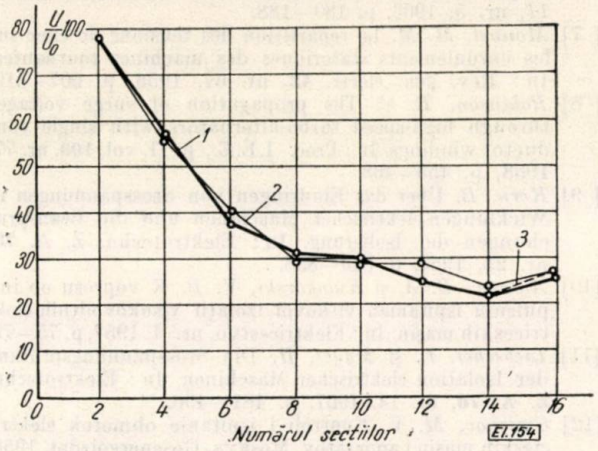


Fig. 14. Repartiția tensiunii de impuls pe grupuri de bobine la mașina *1*. Undă 0,75/37 μs:
1 – cu neutrul liber; *2* – cu neutrul direct la pămînt; *3* – cu neutrul legat la pămînt prin $R = 2\,500\ \Omega$.

care se află impedanța caracteristică a mașinii față de rezistența de încheiere la pămînt a neutrului, acesta determinînd caracterul reflexiei.

Tensiunea pe fazele neimpulsionate (fig. 15) poate fi pusă în evidență prin separarea electrică a fazei neimpulsionate, fie desfăcînd neutrul (schema *b*), fie punîndu-l direct la pămînt (schema *a*).

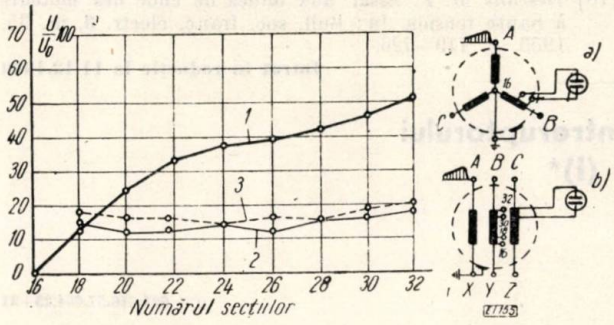


Fig. 15. Solicitări în fazele neimpulsionate la mașina *1*:
1 – repartiția potențialelor – schema *a*; *2–3* – repartiția tensiunilor pe grupuri de bobine – schema *a* și, respectiv, schema *b*.

Transmisia inductivă și capacitivă produce o repartiție uniformă pe faza neimpulsionată cu valori mici ale tensiunii pe secții și care nu solicită periculos izolația.

Repartiția tensiunii de impuls pe spire are o mare importanță la cunoașterea solicitărilor izolației între spire, în special în secțiile de intrare, pentru stabilirea tensiunii pe spiră la încercarea secțiilor separat, înaintea și după introducerea lor în crestătură.

La aplicarea impulsului pe întreaga înfășurare, tensiunile maxime pe spiră, în prima secție, la mașina *3*, solicitată cu o undă de impuls 0,25/50 μs, au fost $U_{sp\cdot max} = 0{,}065 - 0{,}094\ U_0$ și diferă față de media lor aritmetică $U_{sp} = \frac{\sum_1^n U_{sp\cdot max}}{n} 0{,}083\ U_0$, cu circa 13–20%. Tensiunea maximă pe prima secție la o undă de 0,25/50 μs, la aceeași mașină, este conform figurii 7, $U_{1\,max} = 0{,}82\ U_0$. Presupunînd o repartiție uniformă în interiorul secției [17], [18], ar rezulta o tensiune medie pe spiră. $U_{sp\cdot med} = \frac{U_{1\,max}}{n} = 0{,}082\ U_0$ apropiată, după cum se vede, de valoarea medie aritmetică obținută anterior.

Rezultă că la adoptarea tensiunii de încercare pe spiră se poate considera că în interiorul secției repartiția este uniformă, dar valoarea tensiunii pe spiră obținută în baza acestei ipoteze trebuie mărită cu circa 20%, pentru a se ține seamă de diferențele care există între tensiunile maxime pe spiră și media acestor tensiuni.

Aplicînd tensiunea de impuls pe o singură secție, așa cum se procedează la încercarea secțiilor după introducerea lor în crestătură, s-a obținut o repartiție practic uniformă.

Critica metodei

Folosirea generatoarelor de impulsuri repetate în scopul determinării solicitărilor la impuls în mașinile electrice are, pe lîngă avantajele arătate, și unele inconveniente. Într-adevăr, aparatura este destul de complicată și costisitoare, iar efectuarea experimentărilor reclamă o anumită experiență în tehnica impulsurilor. Pe de altă parte, aplicarea acestei metode se referă numai la mașini construite. Dar predeterminarea prin calcul a solicitărilor la proiectarea mașinilor, în special a unităților mari, este necesară. Relațiile de calcul cunoscute pînă în prezent nu cuprind toate fenomenele care au loc la impulsionarea unei mașini și se bazează pe anumite simplificări. Neglijarea efectului capacităților serie, a unor cuplaje, a influenței fierului etc., nu duc însă la erori mari, în special pentru partea cea mai solicitată a înfășurării – secțiile de intrare. Acest fapt arătat în literatură [4], [5] rezultă și din experimentările prezentate în lucrare (alin. 3.2–3.5). Mașinile de calcul au un vast cîmp de utilizare în acest domeniu.

Concluzii

În mașinile electrice rotative, undele de impuls se propagă sub forma unor unde călătoare, care, pe măsură ce pătrund în înfășurare, sînt amortizate, iar fruntea lor este aplatisată. Viteza medie de propagare este mai mică

decît la liniile electrice de transmisie sau transformatoare, iar pentru maşina încercată a fost de 50 m/μs.

Repartiţia tensiunii de impuls pe înfăşurare este condiţionată de fruntea undei, secţiile de intrare fiind cele mai solicitate. La o undă cu $\tau_f = 0{,}25$ μs, tensiunea pe prima secţie a fost $0{,}8\ U_0$, U_0 fiind amplitudinea undei incidente. Tensiunea maximă pe spiră, în prima secţie a unei maşini de 6 kV, la o undă cu aceeaşi durată a frunţii, a fost $U_{sp\cdot max} = 1{,}2\,\frac{U_{sec\cdot max}}{n}$, unde n este numărul de spire din secţie.

Izolaţia faţă de masă este puternic solicitată la impulsuri tripolare. Tensiunea neutrului faţă de masă a fost de $1{,}66\ U_0$, pe cînd la impuls unipolar solicitarea maximă a fost de circa $1{,}10\ U_0$ şi s-a măsurat pe secţii apropiate de borna impulsionată.

La compararea repartiţiei tensiunii în maşina cu rotor şi fără rotor s-a constatat un efect de amortizare a undelor de impuls datorită curenţilor turbionari din fier. Desfăşurarea în timp a acestui fenomen corespunde cu prevederile teoretice exprimate în această privinţă.

Tipul conexiunii, modul de tratare a neutrului şi capetele fazelor neimpulsionate, deşi influenţează puţin solicitarea izolaţiei spirelor trebuie avute în vedere la efectuarea încercărilor.

Bibliografie

[1] CEI, Essais au choc des moteurs électriques tournantes. *2* (Franţa) 410, iunie 1959; CEI Geneva, 1959.

[2] *Mamikoniant, L. G.* Ispîtania vitkovoi izolaţii elektricieskih maşin. Moscova, Leningrad, Gosenergoizdat, 1959.

[3] *Wellauer, M.* Solicitation des bobines d'entrée d'enroulements par des tensions de choc de différentes raideurs. In: Bull. Oerlikon, nr. 270, p. 1823–1829; nr. 271, p. 1843–1848.

[4] *Böning, W.* Vereinfachte Theorie des Spannungsstosses auf die Ständerwicklung von Turbogeneratoren. In: Arch. Elektr. **46**, nr. 3, 1961, p. 125–140.

[5] *Kerényi, D.* Lököfeszültsègmegoszlàs számitása villamos forgogèpekben. In: Elektrotehnika **56**, nr. 3, 1963, p. 92–102.

[6] *Cleja, Vl.* şi *Vascan, Th.* Generator de impulsuri repetate pentru studiul comportării la impuls şi defectoscopia maşinilor electrice rotative. In: Electrotehnica *11*, nr. 5, 1963, p. 180–188.

[7] *Monnet, M. M.* La repartition des tensions de choc sur les enroulements statoriques des machines tournantes. In: Rev. gén. électr. **42**, nr. 67, 1958, p. 507–519.

[8] *Robinson, B. C.* The propagation of surge voltages through high-speed turbo-alternators with single conductor windings. In: Proc. I.E.E., p. II, vol. **100**, nr. 77, 1953, p. 453–468.

[9] *Kern, B.* Über das Eindringen von Stosspannungen in Wicklungen elektrischer Maschinen und die Beanspruchungen der Isolierung. In: Elektrotechn. Z. A. **78**, nr. 23, 1957, p. 849–858.

[10] *Alexeev, B. A.* şi *Kulakovski, V. B.* K voprosu ob impulsnîh ispîtaniah vitkovoi izolaţii vîsokovolitnîh elektriceskih maşin. In: Elektricestvo, nr. 4, 1957, p. 75–79.

[11] *Liebscher, F.* şi *Mayer, H.* Die Stosspannungsprüfung der Isolation elektrischer Maschinen. In: Elektrotechn. Z. A. **78**, nr. 14, 1957, p. 481–490.

[12] *Smirnov, M. V.* Kontroli i ispîtanie obmotok elektricieskih maşin i apparatov. Moskva, Gosenergoizdat, 1955.

[13] Petrov, G. N. şi Abramov, A. I. Mejduvîtkovîe napriajenia v obmotkah elektriceskih maşin pri volnovîh proţesah. In: Elektricestvo, nr. 7, 1954, p. 24–31.

[14] *Avramescu, A.* Asupra amortizării undelor de impuls la încercarea transformatoarelor: In: Studii şi cercetări de energetică **12**, nr. 1, 1962, p. 145–162.

[15] *Christoffel, M.* L'influence du fer et des enroulements secondaires sur les variation du courant et de la tension dans les enroulements de transformateurs soumis a des ondes de choc. In: Rev. Brown Boveri 45, nr. 6, 1958, p. 254–262.

[16] *Avramescu, A.* Efectul de amortizare a curenţilor turbionari tranzitorii în miezuri magnetice. In: Com. Acad. R.P.R. **9**, nr. 4, 1959, p. 337–347.

[17] *Meyer, H.* Effet des ondes mobiles sur les enroulements statoriques des machines tournantes. In: Rev. Brown Boveri 30, nr. 9–10, 1943, p. 279–286.

[18] *Descans M. F.* Essai aux ondes de choc des moteurs à haute tension. In: Bull. soc. franç. électr. **3**, nr. 35, 1953, p. 719–726.

Intrat în redacţie la 11.12.1963

Studii privind capacitatea de comutaţie a întreruptorului IUP — 110, în condiţii de laborator şi reţea (I)*

Încercări de laborator

D. Cîrstea, B. Mathé, St. Ogrezeanu, A. Pănoiu şi C. Tudorache** — Craiova

CZ 621.316.57.064.25+31

Întreruptorul de înaltă tensiune trebuie să execute sigur următoarele operaţii de comutare:

a) comutarea (stabilirea şi întreruperea) curentului de sarcină la un factor de putere relativ mare ($\cos\varphi > 0{,}6$);

b) comutarea curenţilor inductivi sau capacitivi ($\cos\varphi \approx 0$); astfel de cazuri se întîlnesc la comutarea transformatoarelor în gol, a transformatoarelor încărcate cu bobine de reactanţă, a transformatoarelor cu bornele secundare scurtcircuitate, a liniilor în gol, a bateriilor de condensatoare şi a cablurilor în gol;

c) comutarea (stabilirea, întreruperea şi reanclanşarea automată rapidă) a curenţilor de scurtcircuit la un factor de putere mică ($\cos\varphi \leqslant 0{,}15$).

În afară de aceste cazuri, întreruptorul de înaltă tensiune trebuie să prezinte suficientă siguranţă în astfel de regimuri speciale, ca: deconectarea defectului kilometric şi a defectului evolutiv, deconectarea în opoziţie de fază (în momentul ieşirii din sincronism a două reţele interconectate) etc.

* Lucrarea a fost prezentată la sesiunea de comunicări tehnico-ştiinţifice a Institutului de energetică al Academiei R.P.R., care a avut loc în primul trimestru al anului 1963.

** Autorii sînt ingineri la uzinele „Electroputere" — Craiova.

Verificarea capacității de comutație a întreruptoarelor de înaltă tensiune în regimurile indicate preocupă pe foarte mulți specialiști din domeniul aparatajului electric de înaltă tensiune [1], [2].

În continuare sînt prezentate studiile întreprinse de uzina „Electroputere"—Craiova pentru îmbunătățirea capacității de comutație a întreruptorului cu ulei puțin, tip IUP-110, cu cameră elastică și cu cameră rigidă, în condiții de laborator.

1. Metode și mijloace de măsurare utilizate la verificarea capacității de comutație a întreruptorului IUP-110

Pentru încercările de laborator (în diferite laboratoare de mare putere), cum și pentru primele încercări în rețea, a fost necesar să se elaboreze o serie de metode de măsurare nepracticate pînă acum la uzina „Electroputere". La o serie de măsurări a trebuit să se studieze erorile de înregistrare ale dispozitivelor, aparatelor și circuitelor de măsură.

1.1. Încercări și determinări preliminare efectuate asupra întreruptorului, la pregătirea acestuia pentru probele de verificare a capacității de comutație

Înainte de a supune întreruptorul la încercări de verificare a capacității de comutație propriu-zise, se efectuează o serie de măsurări și înregistrări „în gol" pentru determinarea diferitelor caracteristici mecanice (statice, cinematice și dinamice). Caracteristicile mecanice ale întreruptorului s-au ridicat, de regulă, pe cale electrică. Aceste caracteristici au o deosebită influență atît asupra siguranței de funcționare și a capacității de comutație, cît și asupra supratensiunilor care pot să apară la manevre. Metodologia și aparatura dezvoltată în laboratorul uzinal reclamă multă precizie. Rezultatele studiilor întreprinse la uzina „Electroputere" în această direcție sînt redate în [3], [4].

În cadrul acestor încercări preliminare, în afară de caracteristicile mecanice, se determină consumurile de energie (electrică, pneumatică etc.) și timpii proprii ai organelor de comandă. Totodată, întreruptorul se reglează pentru parametrii nominali de funcționare.

1.2. Tehnica de înregistrare a curenților

Înregistrarea fidelă a curenților de scurtcircuit prezintă dificultăți datorită atît valorii mari a curentului, cît și componentei aperiodice a acestuia, caracteristică regimurilor tranzitorii. De obicei, înregistrarea acestor curenți se face cu ajutorul oscilografelor magnetoelectrice conectate la transformatoare de intensitate, cu sau fără miez de fier, la șunturi slab inductive și, eventual, la șunturi obișnuite de curent continuu.

Sursele de erori de măsură sînt variate, și anume : inductivitatea parazită a șuntului sau a transformatorului, cîmpurile magnetice parazite, saturația și premagnetizarea miezului magnetic la transformatoarele de măsură, variația rezistenței ohmice a șuntului sub influența temperaturii și, eventual, a efectului pelicular etc.

Cercetările uzinale s-au executat pentru a stabili criteriile de alegere a aparatelor de măsură și înregistrare. Același curent de scurtcircuit (cu componentă aperiodică) a fost înregistrat cu aceeași buclă (cu frecvență proprie în aer de 2 400 Hz), folosind însă diferite transformatoare de măsură și șunturi comparate cu un șunt etalon (slab inductiv) de 1 000 A/200 mV. În baza rezultatelor obținute se pot trage concluzii interesante asupra erorii de amplitudine, unghi și pantă.

În figura 1 pe durata componentei aperiodice se constată o deformare puternică a curbei curentului. Transformatorul de curent cu miez din permaloy, de 500/5 A, indică prima amplitudine de numai 67% cu o eroare de unghi de 44° și o eroare de pantă foarte mare (sinusoidă complet deformată) față de șuntul etalon. După amortizarea componentei aperiodice atît șuntul etalon I_{so}, cît și transformatorul de măsură I_{t1}, arată corect.

Folosind un transformator cu miez din tablă silicioasă de 125/5 A, atît la prima înregistrare (fig. 2a), cît și la a doua (fig. 2b), se obține aceeași valoare pentru prima amplitudine ; dar la a doua înregistrare, datorită modificării stării inițiale, panta, respectiv unghiul, și deci forma curbei înregistrată de la transformator, se modifică.

Dacă același curent este înregistrat cu o eroare (de amplitudine, de unghi și de pantă) relativ mică, de la un șunt obișnuit de curent continuu de 750 A/60 mV (fig. 3) de pe un șunt tot de curent continuu de 1 500 A/60 mV (fig. 4), este puternic deformat. Un transformator de 200/5 A cu miez din tablă silicioasă redă nedeformat curentul de scurtcircuit (fig. 5), eroarea la prima amplitudine fiind totuși de aproximativ 10%.

Din încercările executate pînă în prezent se pot trage următoarele concluzii :

— șunturile slab inductive sînt cele mai indicate pentru înregistrarea curenților tari ;

— șunturile obișnuite de curent continuu și transformatoarele de curent cu miez din permaloy, înainte de utilizarea lor la măsurarea curenților de scurtcircuit, trebuie alese cu multă atenție și numai în baza unei verificări experimentale ;

— transformatoarele de curent cu miez din tablă silicioasă se pot utiliza cu succes, evitînd domeniul de saturație și starea de premagnetizare inițială (deci după măsurarea unui curent cu componentă aperiodică trebuie demagnetizate). Pentru măsurarea curenților tari se recomandă utilizarea cu precădere a transformatoarelor destinate protecției (cu circuit magnetic puțin solicitat, deci coeficient de saturație mare) ;

— conexiunile secundare trebuie executate cu mare atenție, folosind cablu coaxial sau cablu obișnuit împletit bifilar. Asemenea măsuri s-au luat la cercetările executate.

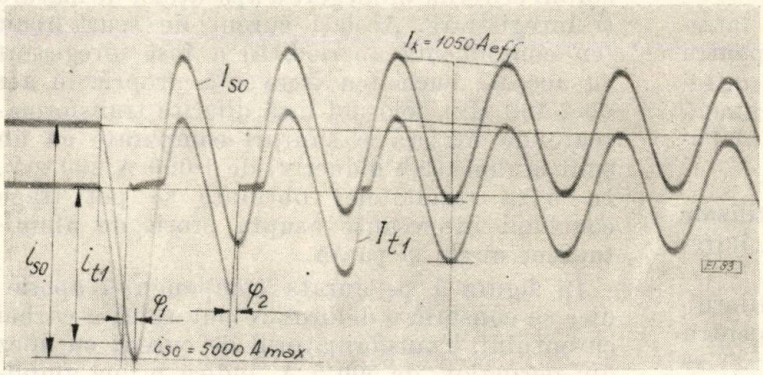


Fig. 1. Înregistrarea aceluiași curent (1 050 A) folosind: — șunt slab inductiv 1 000 A/200 mV (etalon); — transformator de curent tip METRA, 500/5 A cls. 0,2.

1.3. Tehnica măsurării tensiunii de restabilire

Pentru înregistrarea fidelă a tensiunii de restabilire s-au întreprins studii experimentale în laboratorul uzinal, privind răspunsul de timp și caracteristicile de frecvență ale diferitelor sisteme de înregistrare, și anume: cu divizoare ohmice și capacitive, cu oscilografe catodice și magnetoelectrice, cu linie de cablu coaxial și conductor aerian.

Din cercetările întreprinse rezultă următoarele:

— înregistrarea tensiunii cu divizoare capacitive (cu capacitate mică) și cu oscilograf magnetoelectric duce la erori mari de înregistrare, în special la reproducerea duratei supratensiunilor;

— utilizarea unor divizoare capacitive cu capacitate mare (de ordinul miilor de pF, pentru ca valoarea curentului derivat prin buclă să fie neglijabilă) și oscilografe magnetoelectrice, pe lîngă efectul negativ asupra fidelității înregistrării, modifică esențial și condițiile de încercare prin apariția unei capacități mari, concentrate la bornele întreruptorului;

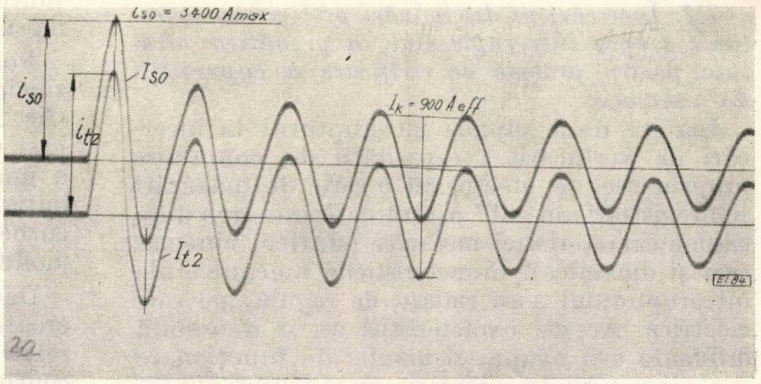


Fig. 2a. Înregistrarea aceluiași curent folosind: — șunt slab inductiv 1 000 A/200 mV (etalon); transformator tip VEB, 125/5 A, cls. 0,5; prima înregistrare (900 A).

— divizoarele ohmice slab inductive de 1,5—3 MΩ cu oscilografe magnetoelectrice dau rezultate mai bune, din toate punctele de vedere, decît divizoarele capacitive cu oscilografe magnetoelectrice. Efectul de limitare, al divizoarelor ohmice confecționate la uzina „Electroputere", asupra valorii de vîrf a supratensiunilor a fost insensibil. Încercările au arătat că diferitele rezistențe ohmice bobinate

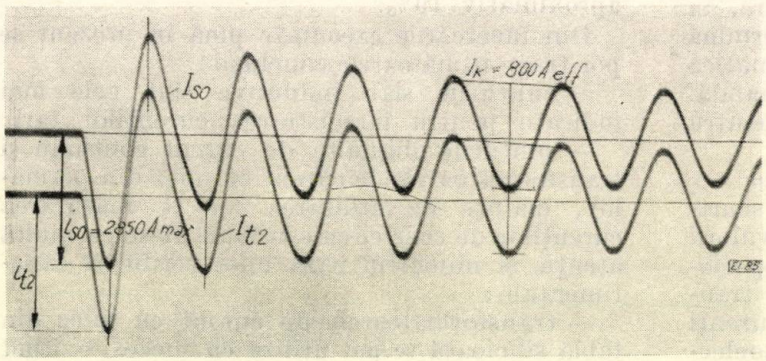


Fig. 2b. Înregistrarea aceluiași curent folosind: — șunt slab inductiv 1 000 A/200 mV (etalon); transformator tip VEB, 125/5, cls. 0,5; a doua înregistrare (800 A), după o slabă demagnetizare.

dau răspunsuri de timp și caracteristici de frecvență variate și de aceea alegerea lor trebuie făcută cu mare atenție;

— experiențele au arătat, de asemenea, că prin folosirea conductorilor aerieni (cu impedanță caracteristică de ordinul 300—400

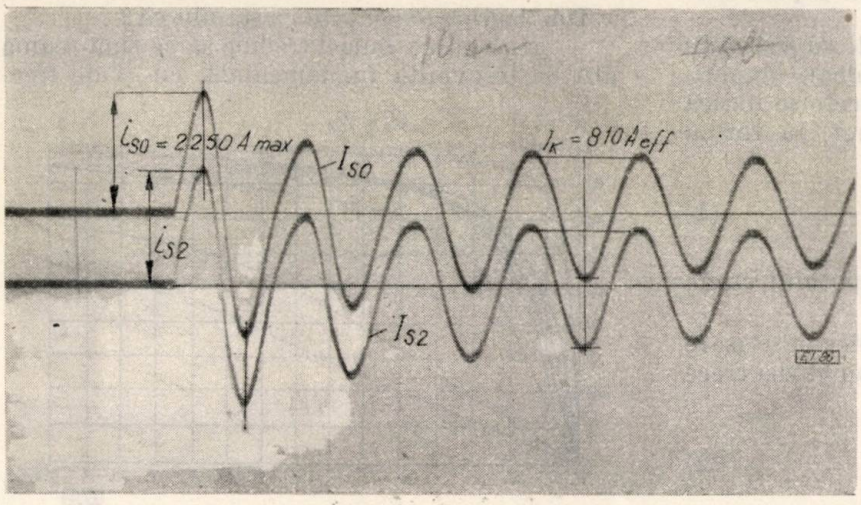


Fig. 3. Înregistrarea aceluiași curent (810 A) folosind: — șunt slab inductiv 1 000 A/200 mV etalon — șunt de curent continuu 750 A/60 mV.

— divizoarele capacitive folosite cu osciloografe catodice dau cele mai fidele înregistrări;

— din înregistrările comparative efectuate la încercările în rețea, aplicînd la același oscilograf (catodic) tensiuni de la divizoare ohmice și capacitive, precum și de la transformatoare de tensiune, s-a constatat același răspuns pentru frecvențe pînă la 1 000 Hz (înregistrări realizate cu oscilograful catodic cu baleiaj mecanic al ICPE);

ohmi) în locul cablurilor coaxiale (cu impedanță caracteristică de ordinul 30—70 ohmi), se realizează o înregistrare mai fidelă (se mărește diferența dintre amplitudinea fenomenului de măsurat și fenomenele parazite).

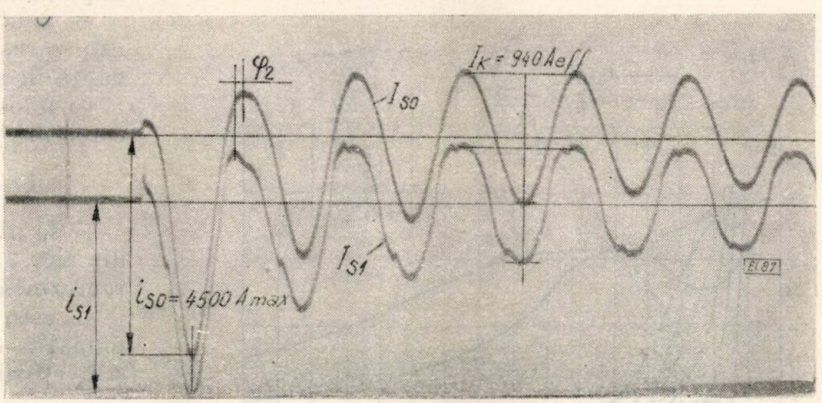


Fig. 4. Înregistrarea aceluiași curent (940 A) folosind: — șunt slab inductiv 1 000 A/200 mV (etalon); șunt de curent continuu 1 500 A/60 mV.

1.4. Studii cu privire la erorile de inerție a buclelor

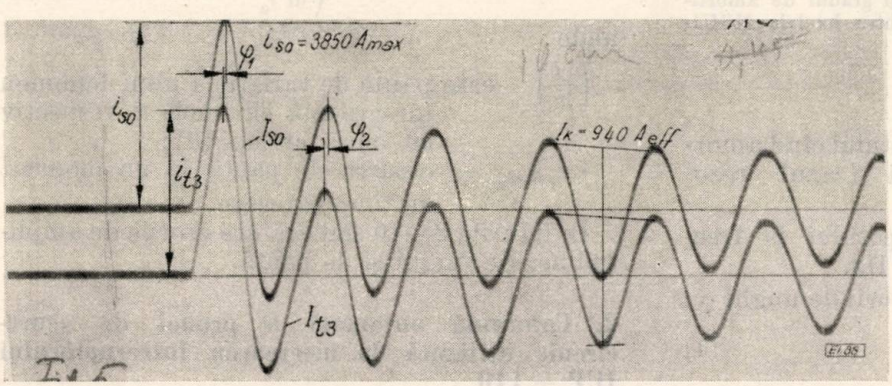


Fig. 5. Înregistrarea aceluiași curent (940 A) folosind — șunt slab inductiv 1 000 A/200 mV (etalon); — transformator de curent tip TITP 200/5 A, cls. 0,5.

Utilizarea unei bucle necorespunzătoare poate duce la erori considerabile în redarea fidelă a amplitudinii pantei și unghiului fenomenului res-

pectiv. Pentru a cunoaște în detaliu parametrii buclelor de care se dispune și a stabili criteriile de alegere a lor, în laboratorul uzinal s-au executat o serie întreagă de cercetări experimentale [5].

În figura 6 se dau *caracteristicile de frecvență* ale buclelor MSU1-MSU8, determinate experimental cu buclele în ulei (în prospecte se indică frecvența proprie a buclelor în aer) în forma undei familiei de curbe de tipul :

$$f \cdot A = \xi_1(f), \tag{1}$$

unde :

A este amplitudinea deviației spotului, mm ;
f — frecvența, kHz.

Din aceste caracteristici gradul de amortizare (α) s-a dedus pentru momentul cînd curba trece prin maxim, folosind relația :

$$\alpha = \frac{1}{2 N_0}, \tag{2}$$

în care N_0 reprezintă scara imaginii conform relației :

$$N_0 = \frac{A_0}{A_{50}} \tag{3}$$

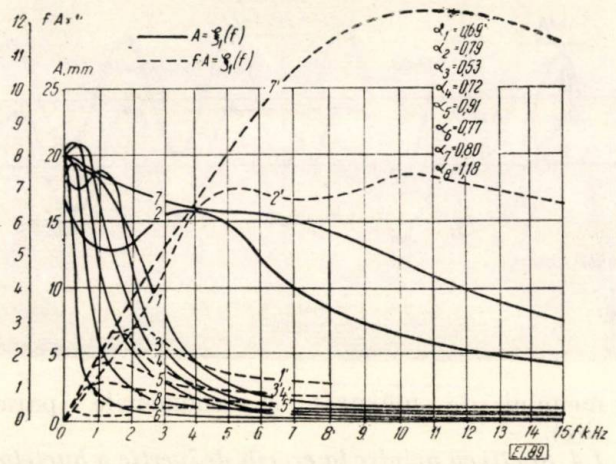


Fig. 6. Caracteristicile de frecvență și gradul de amortizare (α), determinate experimental pentru buclele MSU1-MSU8.

unde :

A_0 este deviația maximă a spotului cînd amortizarea este minimă (cazul rezonanței) ;
A_{50} — deviația maximă a spotului la frecvența industrială 50 Hz.

În figura 7 se redă variația erorii de unghi φ :

$$\varphi = \xi_2(f), \tag{4}$$

obținută din relația :

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{2 \alpha p}{1 - p^2}, \tag{5}$$

unde :

$$p = \frac{f}{f_{rezonanță}}.$$

Din studiile executate s-a stabilit că :

— la alegerea buclei trebuie să se țină seamă atît de frecvența fundamentală, cît și de frecvența armonicilor (a 3-a și a 5-a), pentru care se pot înregistra erori de amplitudine de 5—75%;

— pentru frecvența maximă de înregistrat este corespunzătoare bucla cu frecvența de rezonanță în aer, cel puțin dublă ;

— folosind curbele din figura 6 se pot face corecturi prin înmulțire cu coeficientul :

$$k = \sqrt{1 + 2 p^2 (2 \alpha^2 - 1) + p^4}; \tag{6}$$

— la alegerea buclelor se vor cerceta curbele din fig. 7, deoarece un decalaj de 3° la 50 Hz reprezintă un decalaj de 90° la 1 000 Hz ;

— este necesară luarea în considerare nu numai a erorii de unghi și de amplitudine, ci și a erorii de pantă ;

$$[\varepsilon_p]_{t=t_n} = \frac{\left(\frac{dF}{dt}\right)_x - \left(\frac{dF}{dt}\right)_0}{\left(\frac{dF}{dt}\right)_0} \cdot 100, \tag{7}$$

unde :

$\left(\frac{dF}{dt}\right)_{x,0}$ este panta de variație a unui fenomen înregistrată cu bucla x, respectiv cu bucla etalon (0) ;
$[\varepsilon_p]_{t=t_n}$ — eroarea de pantă la un moment de timp oarecare.

În figurile 8—10 sînt arătate erorile de amplitudine, de unghi și de pantă.

2. Comandă automată a probei de scurtcircuit utilizată la încercarea întreruptorului IUP — 110

La verificarea capacității de comutație a întreruptorului IUP—110, pentru comanda automată a aparatajului de manevră al stației de

mare putere (scurtcircuitor ultrarapid, întreruptor de protecție etc.), pentru comanda întreruptorului de încercat (alimentarea bobinelor de închidere și deschidere), pentru forțarea automată a excitației și stingerea automată a cîmpului generatoarelor sincrone de șoc, cuindu-le cu dispozitive electronice de comandă a probei de scurtcircuit de tipul lui PAU [8]. Schema principială a acestui dispozitiv este redată în figura 11. La intrarea unui bloc de divizare a frecvenței *1* se aplică o tensiune de referință, sincronă cu t.e.m. a generatorului

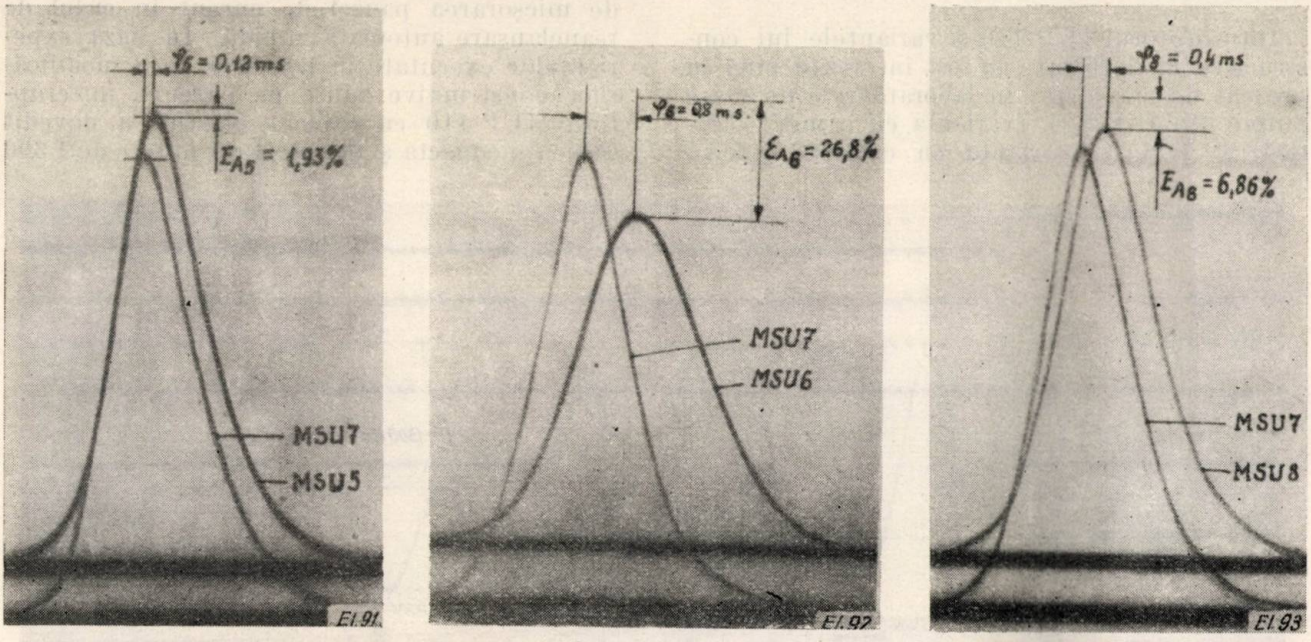


Fig. 8, 9, 10. Eroarea de înregistrare a aceluiași fenomen cu bucla MSU7 (luată ca etalon) și buclele MSU5, MSU6 și MSU8.

cum și pentru comanda corespunzătoare a oscilografelor catodice și magnetoelectrice, s-au utilizat două tipuri de comutatoare program electronice.

2.1. Comutator program — ACEC folosit la Běchovice (R.S.C.)

Acest comutator program electronic este prevăzut cu opt circuite de temporizare R-C, care permit reglarea impulsului de comandă la intervale de timp predeterminate. Temporizarea se poate regla de la 1—99 perioade pe un interval de o secundă. Frecvența de referință cu care se face comparația (50 Hz) este luată de la un generator pilot cuplat rigid pe axul generatorului sincron de șoc, ale căror tensiuni se găsesc deci în sincronism. Impulsul de comandă astfel obținut deblochează tiratroanele de putere care alimentează direct sau prin intermediul releelor bobinele dispozitivelor de acționare. Comanda sincronă (la precizia de cîteva grade electrice) se face adăugînd în plus la canalul respectiv, un decalor de tensiune de 10—170 grade electrice.

2.2. Comutator program al VEI (U.R.S.S.)

Comutatoare mecanice program tip tambur, echipate cu scheme electronice selective, sensibile la faza tensiunii au fost treptat părăsite în U.R.S.S. (unde s a executat o mare parte a încercărilor întreruptorului IUP—110), înlosincron de șoc (tensiunea generatorului — pilot). La ieșirea acestui bloc se obțin tensiuni de frecvențe diferite : tensiune de aceeași frecvență cu cea de referință, tensiune cu o frecvență de două ori, de patru ori, de 2^n ori mai mică. Aceste tensiuni au forma unor impulsuri de aceeași polaritate. Organele de comandă ale schemei sînt indicatoarele de zero *2*, racordate la bornele blocului de divizare a frecvenței

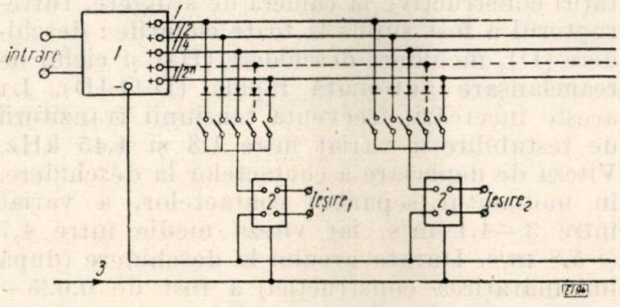


Fig. 11. Schema de principiu a dispozitivului electronic de comandă — PAU.

prin întreruptoare și diode. Comanda de declanșare *3* se trimite printr-un dispozitiv special de declanșare în momentul $t = 0$. Principalele caracteristici tehnice ale acestui dispozitiv sînt următoarele :

—numărul canalelor de comandă sin cronă, 22

— valoarea diviziunii indicatorului, 0,05 semiperioade;
— temporizarea, 0—255 semiperioade;
— durata comenzii, 0—1 s,
— greutatea aparatului, 200 kg.

3. Rezultatele încercărilor

Întreruptorul IUP-110 și variantele lui constructive modernizate au fost încercate pînă în prezent de cîteva ori în laboratoarele de mare putere din U.R.S.S. (varianta cu cameră elastică) și R.S.C. (varianta cu cameră rigidă). cuit simetric de 7,7 kA, respectiv un curent total de 8,6 kA (fig. 13). În ultimul ciclu se remarcă o creștere considerabilă a duratei și lungimii arcului (t_a = 0,023—0,043 s, respectiv l_a = 120—200 mm).

Încercările executate au dovedit că acest tip de întreruptor este deosebit de sensibil față de micșorarea pauzei de curent în ciclul de reanclanșare automată rapidă. În baza experiențelor executate în laborator și a modificărilor constructive aduse pe parcurs, întreruptorul IUP-110 cu cameră elastică a dovedit că poate conecta și deconecta o putere de 1 300

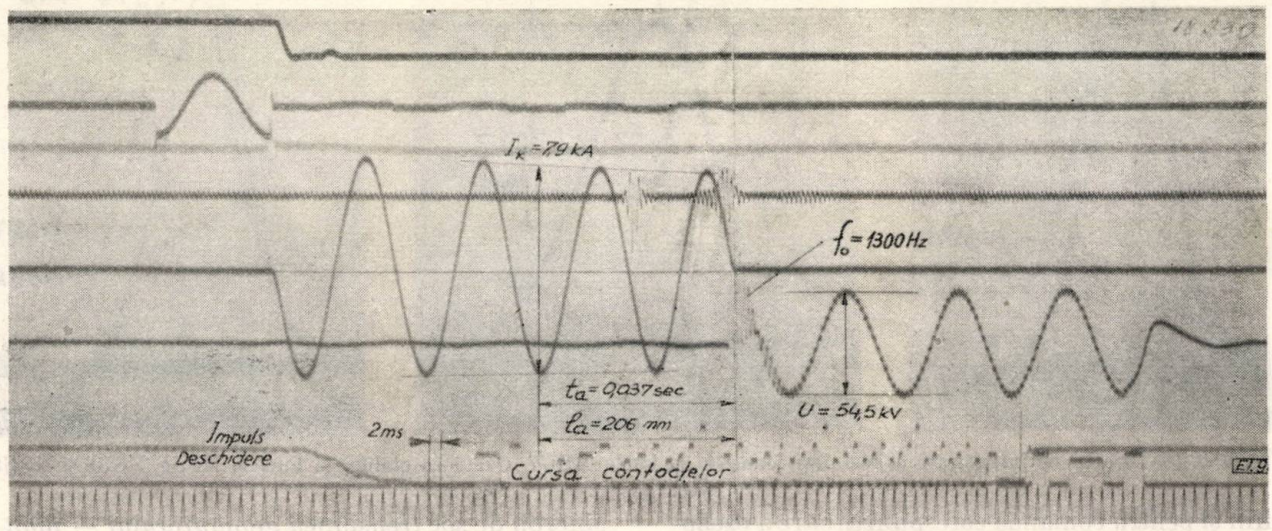


Fig. 12. Întreruptor IUP-110 cu cameră elastică: ciclu deschidere.

3.1. Încercarea întreruptorului IUP-110 cu cameră elastică

Întreruptorul cu cameră elastică (tip Siemens) a fost încercat de două ori în condiții de laborator. În baza rezultatelor obținute la încercarea primei variante s-au adus îmbunătățiri constructive la camera de stingere. Întreruptorul a fost supus la toate ciclurile: deschidere (D), închidere-deschidere (ID) și ciclul de reanclanșare automată rapidă (D-O-ID). La aceste încercări, frecvența tensiunii tranzitorii de restabilire a variat între 1,3 și 4,45 kHz. Viteza de deplasare a contactelor la deschidere, în momentul separării contactelor, a variat între 3—4,1 m/s, iar viteza medie între 4,7 și 5,8 m/s. Durata arcului la deschidere (după îmbunătățirea construcției) a fost de 0,025—0,057 s, iar lungimea arcului a variat între 164 și 350 mm. La încercări s-a dovedit că întreruptorul are un curent critic de valoare apropiată de curentul nominal (500—700 A). În aceste condiții, întreruptorul a deconectat cu ușurință în ciclul D curenți de rupere între 7,26 și 7,9 kA, la o tensiune de restabilire de 54,5 kV (fig. 12), și a stins arcul electric de două ori, consecutiv, în ciclul de reanclanșare D — 0,422 s — ID la un curent de scurtcir-MVA, cu condiția ca frecvența tensiunii tranzitorii de restabilire să nu depășească 1,3 kHz, iar pauza de curent în ciclul de reanclanșare automată să nu fie sub 0,4 s.

3.2. Încercarea întreruptorului IUP-110 cu cameră rigidă (varianta I).

Puterea de rupere de 1 300 MVA devenind insuficientă, în baza experienței acumulate în domeniul întreruptoarelor cu ulei puțin [6] s-a abandonat camera de stingere elastică și s-a experimentat o nouă cameră de stingere de tip rigid. S-a urmărit mărirea puterii de rupere numai prin modificarea camerei de stingere și a unor piese aferente astfel încît înlocuirea lor la întreruptoarele aflate în exploatare să nu constituie o dificultate. Camera de stingere de tip rigid în prima variantă (fig. 14) prezintă următoarele particularități:

— în afară de suflajul longitudinal asigură, prin două orificii practicate în peretele camerei, și un suflaj transversal;

— o concavitate în partea superioară a camerei de stingere asigură o mică pernă de aer care să contribuie la împingerea uleiului rece în zona arcului electric;

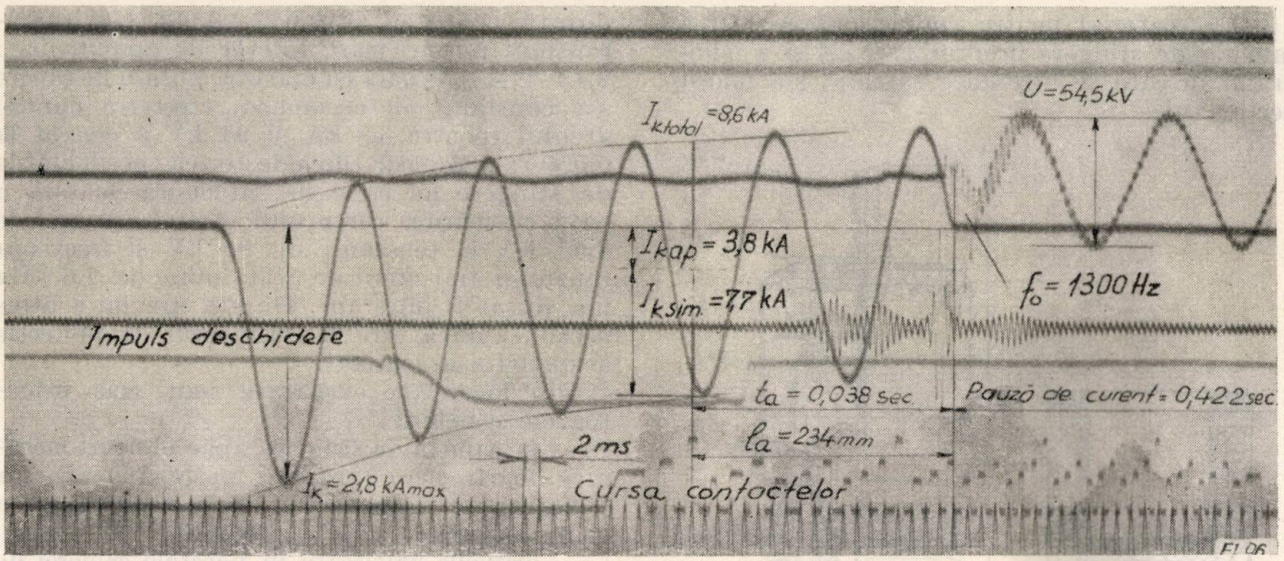


Fig. 13 a. Întreruptor IUP-110 cu cameră elastică: ciclu D-O, 422s-ID, prima deschidere (D).

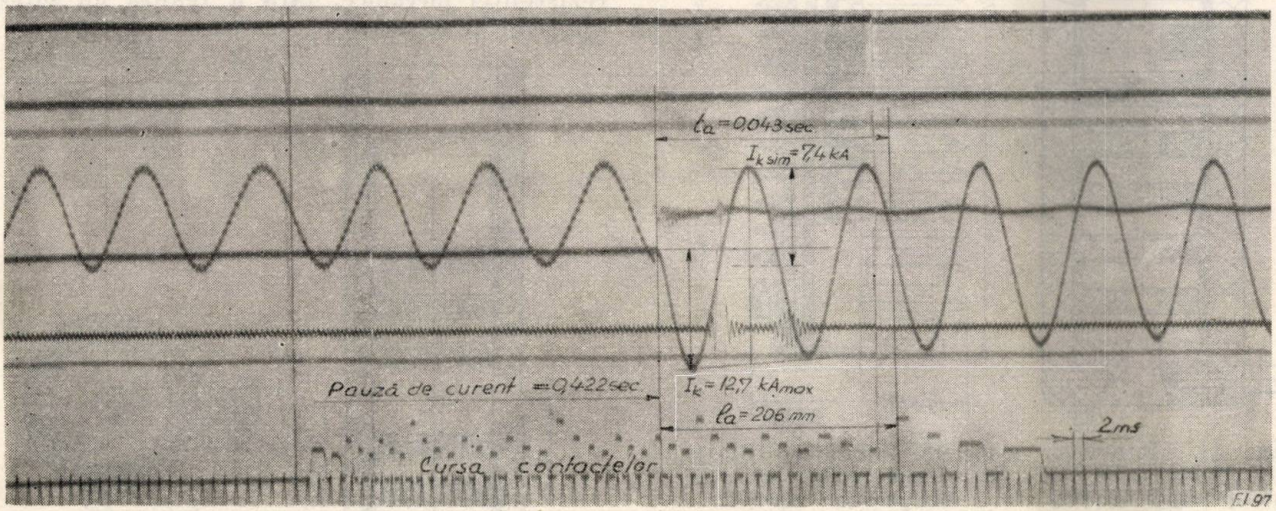


Fig. 13 b. Întreruptor IUP-110 cu cameră elastică: ciclu D-O, 422s-ID, manevra de închidere (I).

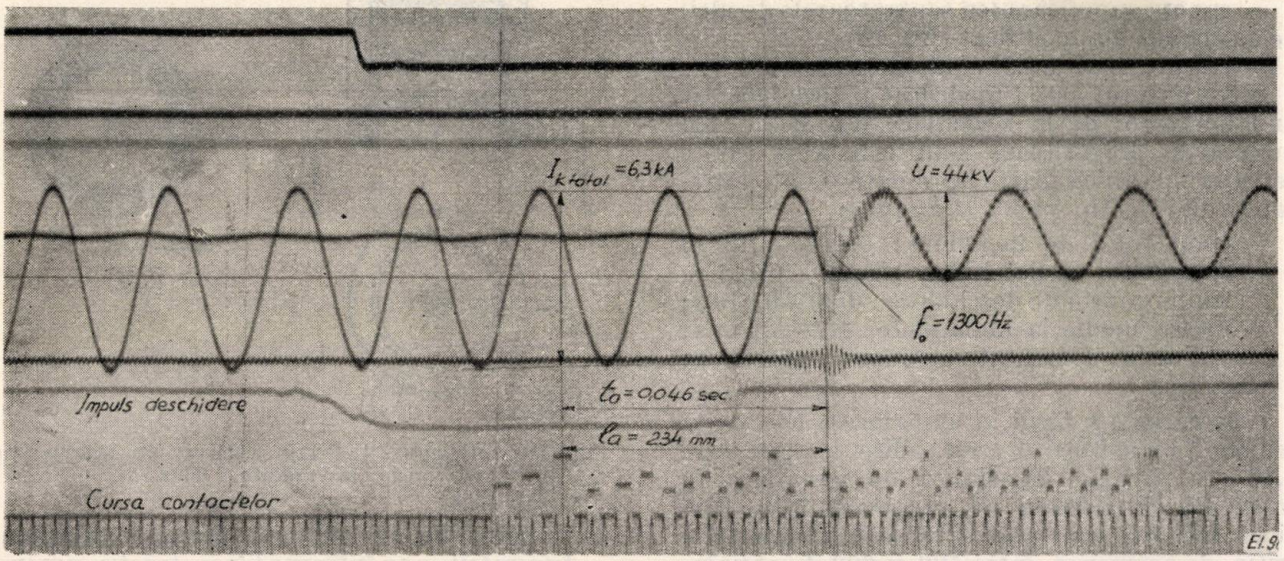


Fig. 13 c. Întreruptor IUP-110 cu cameră elastică: ciclu D-O, 422s-ID, a doua deschidere (D).

— ca material pentru confecționarea atît a camerei de stingere propriu-zise, cît și a cilindrului în care se introduce camera, s-a folosit pertinaxul;

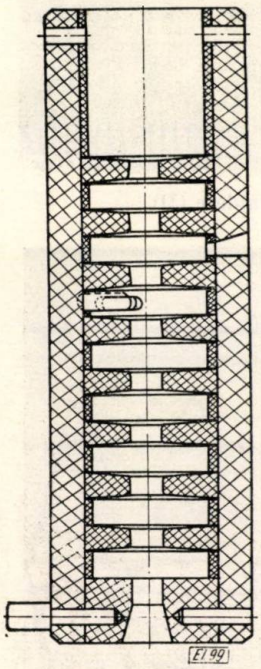


Fig. 14. Întreruptor IUP-110 camera de stingere tip „rigid" în prima variantă.

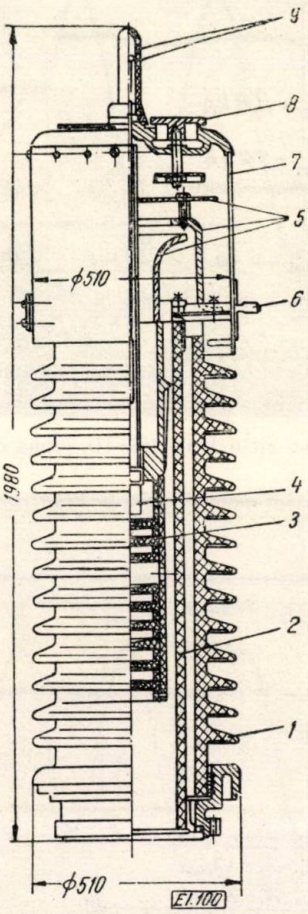


Fig. 15. Întreruptor IUP-110, cu cameră rigidă: 1subansamblu izolator superior.

— capota superioară (cu separatoarele de ulei) de asemenea s-a modificat (fig. 15);

— restul construcției a rămas aceeași.

Intreruptorul astfel modificat a fost încercat în laboratorul de la Běchovice din R.S.C. La încercările pregătitoare s-au constatat caracteristici mecanice foarte apropiate de ale întreruptorului de tip vechi, și anume:

— timp total de închidere: 0,110—0,12 s;
— timp total de deschidere: 0,130—0,145 s;
— timp propriu de deschidere: 0,30—0,040 s;
— viteza medie la deschidere: 4,7—5,2 m/s;
— viteza în momentul separării contactelor: 3—3,5 m/s.

Încercarea s-a făcut în monofazat. Frecvența tensiunii tranzitorii de restabilire a fost între 0,66 și 1,8 kHz. Tensiunea de restabilire la frecvență industrială s-a menținut între 83,5 și 95 kV. S-a constatat o valoare a curentului critic, de asemenea, între 500 și 600 A, obținîndu-se în această zonă a curenților de rupere o durată a arcului de 0,042—0,056 s și supratensiuni relativ mari (factor de amplitudine: 2,13—2,43). O dată cu mărirea puterii de rupere s-a constatat, de asemenea, creșterea duratei arcului (pentru 3,9 kA și 94 kV a crescut la 0,059 s). Aceasta dovedește că posibilitățile de stingere nu cresc în suficientă măsură o dată cu mărirea curentului. Astfel curentul de 8,03 kA la tensiunea de 94 kV și frecvența tensiunii tranzitorii de restabilire de 1,8 kHz n-a putut fi întrerupt. Durata arcului a atins 0,116 s, după care întreruptorul de protecție a stației a deconectat.

Din încercările executate s-au tras următoarele concluzii:

— în camera de stingere apar eforturi mecanice foarte mari (presiuni peste 100 at), iar cilindrul de pertinax folosit la confecționarea ei nu asigură rezistența necesară;

— orificiile practicate în peretele camerei de stingere au dus în primul rînd la micșorarea rezistenței mecanice, fără a realiza un suflaj oportun și eficient;

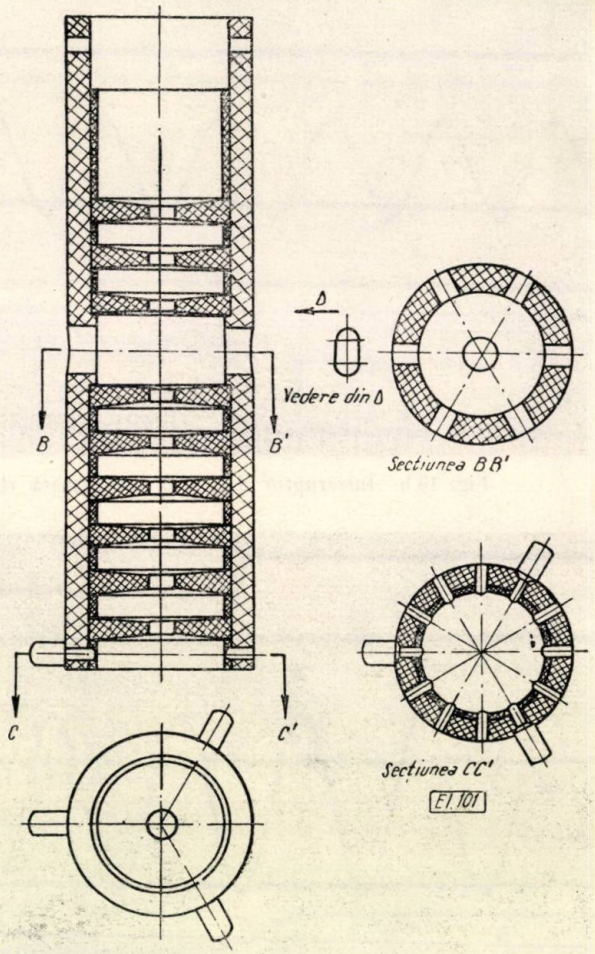


Fig. 16. Întreruptor IUP-110 camera de stingere tip „rigid" în varianta a doua.

— perna de aer nu și-a dovedit utilitatea.

Încercările s-au întrerupt, construcția camerei urmînd a fi modificată, în special, prin folosirea

materialelor izolante cu rezistență mecanică mărită

3.3. Încercarea întreruptorului IUP-110 cu cameră rigidă (varianta II-a)

Analizînd rezultatele obținute la încercarea camerei rigide în prima variantă și construcțiile similare dezvoltate de firme cu experiență și posibilități de încercare [7] s-a executat o nouă cameră de stingere, folosind un cilindru din țesătură de sticlă cu rășină (fig. 16). Restul construcției întreruptorului a rămas neschimbat (fig. 15).

Camera de stingere în varianta a doua, față de prima, se deosebește prin:

— folosirea țesăturii de sticlă și rășină epoxi pentru execuția cilindrului camerei;

— eliminarea pernei de aer;

— o repartizare mai judicioasă a discurilor în interiorul camerei;

— alegerea zonei pentru practicarea orificiilor transversale în așa fel încît să se evite apariția unei presiuni prea mari în interiorul camerei de stingere.

Încercarea s-a executat, de asemenea, în monofazat la același laborator. Frecvența tensiunii tranzitorii de restabilire a variat între 1,95 și 1,8 kHz, tensiunea de restabilire, între 88 și 55 kV, factorul de amplitudine, între 2,0 și 1,8, iar durata arcului între 0,032 și 0,070 s. Încercările de laborator au dovedit o bună comportare a întreruptorului IUP-110 cu noua cameră de stingere, la ruperea unui curent de 11,4 kA sub tensiunea de restabilire, de 55 kV în ciclu simplu de deschidere (fig. 17).

În timpul încercărilor s-a măsurat presiunea în cameră, obținîndu-se valori peste 100 at.

Încercările executate (deși la curenți mari tensiunea a fost mai mică decît valoarea impusă — 95 kV), au dovedit superioritatea acestei camere de stingere față de variantele anterior încercate.

4. Concluzii

1. Verificarea capacității de comutație a întreruptorului IUP-110 alternată cu modificări constructive ale camerei a indicat care este calea cea mai sigură pentru a obține din actuala construcție un întreruptor cu performanțe superioare, satisfăcînd exigențele crescute ale exploatării sistemului energetic al R.P.R.

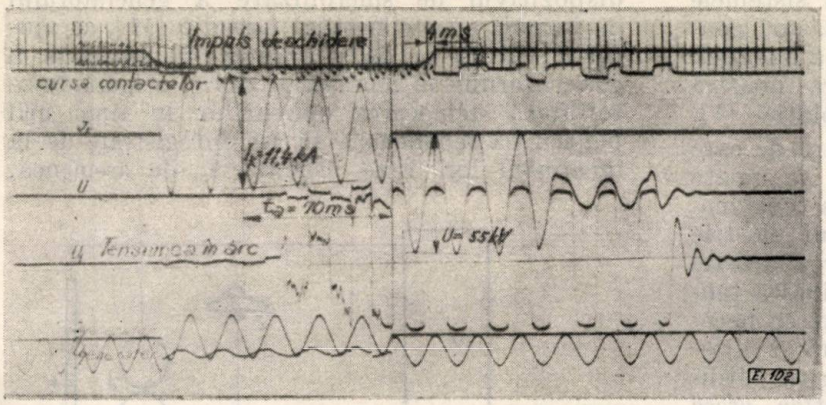


Fig. 17. Întreruptor IUP-110 cu cameră rigidă în varianta a doua: ciclul deschidere.

2. Camera de stingere „rigidă" asigură stingerea mai rapidă și mai eficientă a arcului electric decît camera „elastică", în special dacă este suficient de rezistentă din punct de vedere mecanic.

3. Pentru îmbunătățirea continuă a performanțelor aparatajului indigen de comutație, este necesar un laborator propriu.

Bibliografie

[1] *Baltensperger, P.* Neuere Erkentnnisse auf dem Gebiete der Schaltervorgänge und der Schalterprüfung. In: Brown Boveri Mitt. **49**, nr. 9—10. 1962, p. 391—397.

[2] *Hochrainer, A.* Die Prüfung von Hochspannungsschaltern. In: Elektrizitätswirtschaft **60**, nr. 8, 1961, p. 241—251.

[3] *Mathé, B., Ogrezeanu, St.* și *Pănoiu, A.* Ridicarea caracteristicillor mecanice pe cale electrică la întreruptoarele de înaltă tensiune: In: Electrotehnica **10**, nr. 10, 1962, p. 375—383.

[4] *Mathé, B., Ogrezeanu, St. și Pănoiu, A.* Metode și dispozitive pentru ridicarea caracteristicilor mecanice ale întreruptoarelor de înaltă tensiune. București—IDT, 1963.

[5] *Mathé, B.* și *Pănoiu, A.* Erorile de inerție ale buclelor de oscilograf. Comunicări tehnice „Electroputere", nr. 2, 1963.

[6] *Frate, G.* Comparaison entre les disjoncteurs à air comprimé et les disjoncteurs a faible volume, d'huile, du point de vue des défauts kilométriques. CIGRÉ, rap. 114, 1962.

[7] *Dubois, J., Henry, C., Maury, E.* și *Pouard, M.* Disjoncteurs à coupure multiple. CIGRÉ, rap. 153, 1962.

[8] *Cernîșev, N. M.* și *Arziav, A. M.* Pribor dlia avtomaticeskovo uprovlenia opitami v laboratorii razrivnîh moscinostei. In: Elektricestvo nr. 3, 1959, p. 50—55.

Determinarea caracteristicii de impuls tensiune-timp a izolatoarelor de înaltă tensiune

Chiril Popescu * — Bucureşti

CZ 621.317.333.82.012.7 : 621.315 .624.5.027.

Pentru evitarea deteriorării materialului electric şi limitarea deranjamentelor în sistemele energetice se ia un ansamblu de măsuri concretizat în principiile de coordonare a izolaţiei. Aceste principii sînt redate în ţara noastră de standardul de coordonare a izolaţiei [1].

Unul dintre elementele de bază, fără de care problema coordonării izolaţiei nu se poate rezolva, este caracteristica de impuls tensiune-timp a izolaţiei şi a echipamentului electric ce trebuie protejat [2]. Determinarea acestei caracteristici pentru izolatoarele de înaltă tensiune fabricate în ţară se impune deci ca necesară, cu atît mai mult cu cît numărul şi varietatea de tipuri de izolatoare indigene utilizate în instalaţiile noastre energetice cresc permanent.

Problemele teoretice privind caracteristica tensiune-timp a sistemelor izolante au fost tratate în literatura tehnică românească [2], [3]. Totodată, din literatura de specialitate rezultă că la baza caracteristicii tensiune-timp [3], [4], ca şi la baza problemelor legate de determinarea tensiunii 50%, conturnări [5], [6] şi a tensiunii de ţinere la impuls [7], stau fenomene aleatorii şi că, deci, pentru prelucrarea şi interpretarea rezultatelor trebuie aplicate regulile calculului probabilităţilor. Insistîndu-se asupra acestui aspect al problemei se vor descrie, în cele ce urmează, instalaţiile şi metoda utilizată în vederea determinării caracteristicii tensiune-timp a unor elemente de lanţ de suspensie de sticlă călită IS—1 executate în ţară [8].

Instalaţii utilizate

Determinarea caracteristicii tensiune-timp a izolatoarelor de sticlă călită menţionate mai sus s-a făcut în cadrul laboratorului de înaltă tensiune din ICPE, utilizîndu-se ca sursă de tensiune generatorul de impuls de 1 MV, 11,8 kJ, realizat în acest laborator prin extinderea şi îmbunătăţirea schemei fostului generator de 400 kV [9]. Instalaţia de alimentare, sincronizare şi măsură a generatorului de impuls, similară cu cea descrisă în literatură [9], [10], este prezentată sub formă de schemă-bloc în figura 1.

* Ing. *C. Popescu* este cercetător principal la ICPE.

În cadrul acestei instalaţii este prevăzut dispozitivul de sincronizare a generatorului de impuls cu oscilograful catodic [11], cu ajutorul căruia se dă comanda de amorsare a generatorului în momentul dorit, asigurîndu-se totodată deblocarea spoturilor în timp util pentru ca fenomenele să fie înregistrate de la începutul lor. Este prevăzută, de asemenea,

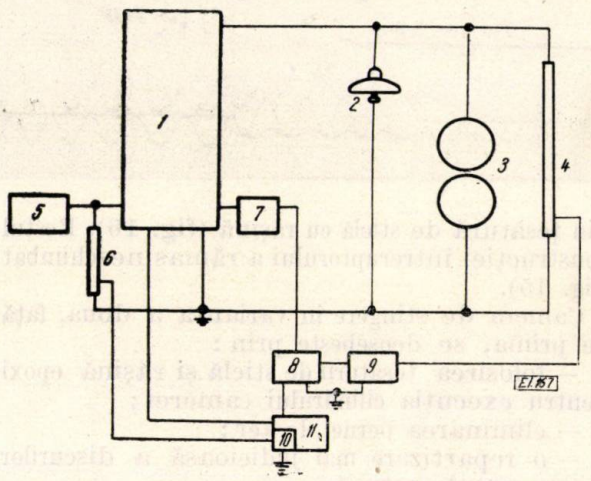


Fig. 1. Schema-bloc a comenzii generatorului de impuls în vederea determinării caracteristicii tensiune-timp:
1 — generatorul de impuls; *2* — izolatorul de încercat; *3* — eclatorul cu sfere; *4* — divizorul de tensiune pentru impuls; *5* — sursa de încărcare a generatorului; *6* — divizorul de tensiune pentru curent continuu; *7* — dispozitivul de cuplaj; *8* — sincronizatorul generatorului de impuls cu oscilograful; *9* — oscilograful catodic; *10* — instrument de precizie pentru măsurarea tensiunii de încărcare a generatorului; *11* — pupitrul de comandă.

posibilitatea de a se măsura tensiunea continuă de încărcare a generatorului, această măsurătoare putîndu-se face cu precizie mare datorită condiţiilor îndeplinite în acest scop de divizorul 6 şi de instrumentul de măsură 10, de tip galvanometru cu spot luminos.

Tensiunea la bornele obiectului de încercat se înregistrează cu ajutorul unui oscilograf catodic 9 de tip TTCKOI4 [9] cuplat cu divizorul de teniune rezistiv 4 de 10 000 ohmi, 750 kV, cu timp de răspuns de 0,05 μs [12], deci corespunzător înregistrării undelor tăiate [13]. Raportul de reducere a divizorului a fost determinat cu ajutorul eclatoarelor cu sfere existente în laborator. Cu ajutorul acelorași eclatoare s-a verificat şi dependenţa liniară a tensiunii la bornele obiectului de încercat, de tensiunea de încărcare a generatorului de impuls, indicată de instrumentul de măsură 10.

Metoda utilizată

Dintre metodele utilizate pentru determinarea caracteristicii tensiune-timp [3], [4] s-a ales metoda directă, recomandată şi de CEI [13], bazată pe utilizarea înregistrărilor oscilografice ale unei serii întregi de unde de impuls de amplitudine diferită aplicate izolatorului.

S-a pornit de la tensiunea 50% conturnări care s-a determinat anterior, această tensiune obţinîndu-se pentru o anumită tensiune de încărcare U_i a generatorului, tensiune indicată de instrumentul 10, din figura 1.

Prima serie de oscilograme folosite pentru determinarea punctului 1 de pe caracteristică s-a înregistrat comandînd amorsarea generatorului cu ajutorul sincronizatorului 8 din figura 1, în momentul în care tensiunea de încărcare a generatorului a ajuns la valoarea $U_{i_1} = 1{,}01\ U_i$.

Pentru determinarea celorlalte puncte de pe curbă s-a înregistrat cîte o nouă serie de oscilograme pentru fiecare dintre valorile U_{i_k} ale tensiunii de încărcare a generatorului, alese convenabil în ordine crescătoare, astfel încît să se obţină tăieri ale undei aplicate şi pe fruntea şi pe spatele ei.

Pentru determinarea caracteristicii tensiune-timp a elementului de lanţ s-au înregistrat nouă serii de oscilograme ($k = 1 - 9$), utilizîndu-se unde negative de forma 1/48 μs, iar pentru determinarea acestei caracteristici a lanţului izolator din trei elemente s-au înregistrat şase serii de oscilograme ($k = 1 - 6$), utilizîndu-se unde negative de forma 1,2/45 μs. O dată cu tensiunea la bornele izolatorului s-au înregistrat şi elementele necesare determinării scării timpului şi a tensiunilor (o tensiune sinusoidală de 1 MHz şi o tensiune continuă de valoare cunoscută).

În figurile 2 şi 3 se redă cîte o oscilogramă reprezentativă pentru fiecare din cele k serii în parte, fiecare serie conţinînd cîte n_k oscilograme.

Fiecare oscilogramă în parte s-a prelucrat determinîndu-se, în conformitate cu normele CEI [13], parametrii necesari trasării unei caracteristici tensiune-timp, şi anume amplitudinile în momentul tăierii undei pentru undele tăiate pe frunte, valorile de vîrf pentru undele tăiate pe spate şi durata convenţională pînă la tăiere* pentru toate undele.

Ca urmare a prelucrării oscilogramelor s-au obţinut, pentru fiecare punct k al caracteristicii, o colectivitate din n_k valori pentru tensiuni (ordonatele curbei) şi o colectivitate din n_k valori pentru timpi de tăiere (abscisele curbei). Avînd aceste date, problema se reduce la a determina valoarea cu cea mai mare probabilitate de apariţie pentru fiecare colectivitate, valoare care va reprezenta ordonata,

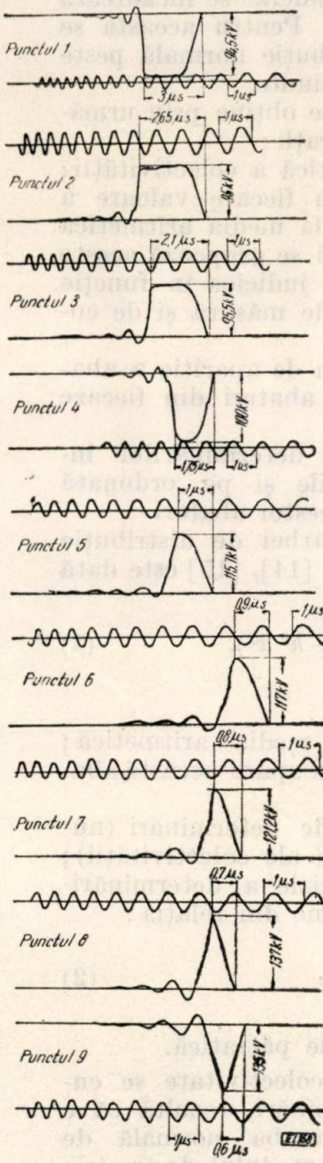


Fig. 2. Oscilograme reprezentative pentru punctele 1—9 ale caracteristicii tensiune-timp pentru elementul IS-1.

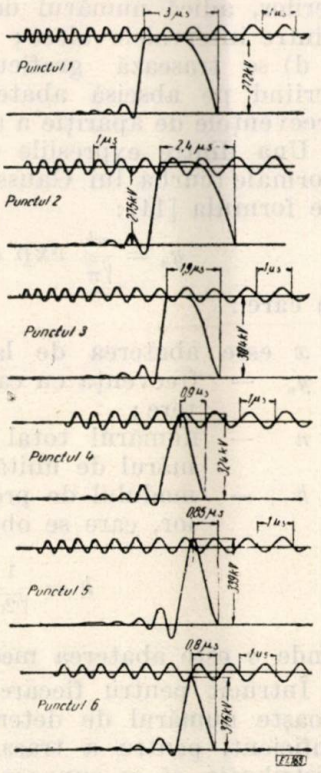


Fig. 3. Oscilograme reprezentative pentru punctele 1—6 ale caracteristicii tensiune-timp pentru lanţul fromat din trei elemente.

respectiv abscisa fiecărui punct k al caracteristicii. În cele ce urmează se va arăta modul în care s-a efectuat prelucrarea statistică a valorilor obţinute în oscilograme.

Modul de prelucrare statistică a valorilor obţinute din oscilograme

Criterii de verificare calitativă a distribuţiei normale. În literatura de specialitate [5], [6], [7] se menţionează că toate rezultatele obţinute în timpul încercărilor de impuls se încadrează într-o distribuţie normală. Deci, pentru a verifica dacă determinările nu sînt afectate de erori de metodă şi dacă dispozitivele de măsură asigură erori minime este necesar ca, pentru

* În restul articolului, durata convenţională pînă la tăiere se va denumi prescurtat „timp de tăiere".

un punct, să se verifice dacă abaterile de la media aritmetică a fiecăreia dintre cele două colectivități (tensiuni și timpi de tăiere) ce caracterizează punctul considerat se încadrează într-o distribuție normală. Pentru aceasta se suprapune curba de distribuție normală peste graficul determinărilor obținute.

Graficul determinărilor se obține prin următoarea succesiune de operații:

a) se face media aritmetică a colectivității;

b) se determină, pentru fiecare valoare a colectivității, abaterile de la media aritmetică (notîndu-se cu semnul ei) și se grupează aceste abateri în intervale alese judicios în funcție de sensibilitatea metodei de măsură și de comoditatea de calcul;

c) se determină frecvența de apariție a abaterilor, adică numărul de abateri din fiecare dintre intervalele alese;

d) se trasează graficul determinărilor înscriind pe abscisă abaterile și pe ordonată frecvențele de apariție a acestor abateri.

Una dintre expresiile curbei de distribuție normale (curba lui Gauss) [14], [15] este dată de formula [14]:

$$y_n = \frac{nh}{\sqrt{\pi}} \exp\,(-h^2 x^2), \tag{1}$$

în care:

x este abaterea de la media aritmetică;
y_n — frecvența cu care apare această abatere;
n — numărul total de determinări (numărul de unități ale colectivității);
h — modulul de precizie a determinărilor, care se obține din relația:

$$h = \frac{1}{\sqrt{2}\sigma}, \tag{2}$$

unde σ este abaterea medie pătratică.

Întrucît pentru fiecare colectivitate se cunoaște numărul de determinări, rezultă că e suficient, pentru a trasa curba normală de distribuție, să se cunoască modulul de precizie h. Ori, relația (2) leagă modulul de precizie h de abaterea medie pătratică σ care este dată de relația:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma x^2}{n}}. \tag{3}$$

Calculul este ușurat de faptul că, în literatură [14], se dau sub formă de tabelă, în funcție de hx, valorile expresiei $\frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp\,(-h^2 x^2)$.

În cazul în care dispersiile sînt mai mari, este recomandabil un alt criteriu de verificare a distribuției normale, și anume suprapunerea integralei curbei lui Gauss peste graficul ce reprezintă variația frecvenței cumulate funcție de abaterea de la media aritmetică pentru valorile determinate.

Deoarece prin frecvența cumulată se înțelege suma frecvențelor corespunzătoare valorilor mai mici și cel mult egale cu valoarea considerată a caracteristicii [16], rezultă că pentru a construi graficul trebuie făcute întîi toate operațiile de la punctele a), b) și c) descrise la criteriul anterior. Cu datele obținute se trasează graficul determinărilor, înscriind pe abscisă abaterile și pe ordonată numărul de măsurări cu abateri mai mici sau cel mult egale cu valoarea de pe abscisă.

Integrala curbei lui Gauss, denumită și ogiva lui Galton [14]:

$$Y_1 = \int_{-\infty}^{x} y_n \,\mathrm{d}x \tag{4}$$

se poate calcula, conform anexei 1, cu expresia:

$$Y_1 = n\left[\frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_0^{hx_b} \exp\,(-h^2 x^2)\,\mathrm{d}(hx) \pm \right.$$

$$\left. \pm \frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_0^{hx} \exp\,(-h^2 x^2)\,\mathrm{d}(hx)\right], \tag{5}$$

unde x_b este o valoare a abaterii din regiunea asimptotică a curbei de distribuție normală (a se vedea figura 5).

Expresia (5) în aparență complicată este ușor de calculat deoarece, pe de o parte, termenul întîi este o constantă, iar pe de altă parte, valorile expresiei:

$$\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^{hx} \exp\,(-h^2 x^2)\,\mathrm{d}(hx)$$

se dau în literatură [14] sub formă de tabelă în funcție de hx.

Determinarea valorii cu cea mai mare probabilitate de apariție pentru fiecare colectivitate. După ce testele efectuate pentru un punct al curbei, cu una dintre cele două metode arătate mai sus, arată că abaterile de la media aritmetică a determinărilor se încadrează într-o distribuție normală, se pot aplica toate legile legate de acest fel de distribuție tuturor punctelor curbei. Nu este necesar a se efectua testele nici pentru fiecare punct al curbei nici chiar în cazul în care se schimbă obiectul de încercat, atîta timp cît metodele de măsură și aparatele utilizate nu se modifică, deoarece în aceste condiții apare, în toate cazurile, același gen de fenomene supuse unor variații aleatorii de aceeași natură.

Fiind vorba de o distribuție normală, rezultă că valoarea cu cea mai mare probabilitate de apariție pentru fiecare dintre cele două colectivități (cea pentru tensiuni și cea pentru timpi de tăiere) ce s-au obținut pentru fiecare punct al caracteristicii este media aritmetică a colectivității.

Deoarece însă în unele șiruri de determinări au apărut valori mult diferite de celelalte din

șir, s-a considerat că aceste valori influențează disproporționat media aritmetică și s-au eliminat. Aprecierea valorilor ce au fost eliminate s-a făcut după criteriul lui Chauvenet, care „pare să fie cel mai în general acceptat" [14]. După acest criteriu se elimină din șirul de valori acelea care au abatere de la media aritmetică a șirului mai mare sau egală cu valoarea $\tilde{x}$, definită ca fiind abaterea pentru care probabilitatea de apariție a tuturor abaterilor egale sau mai mari decît ea este mai mică decît $\frac{1}{2}$ n, n fiind numărul de termeni ai șirului.

Matematic, acest lucru se exprimă prin relația:

$$1 - P_{\tilde{x}} = 1 - \frac{h}{\sqrt{\pi}} \int_{-\tilde{x}}^{+\tilde{x}} \exp(-h^2 x^2)\, dx = \frac{n}{2} \cdot \quad (6)$$

Valoarea lui $\tilde{x}$ se obține din raportul $\frac{\tilde{x}}{\sigma}$ care este dat în literatură [14] în funcție de numărul de determinări dintr-un șir.

După ce se aplică criteriul lui Chauvenet unei colectivități de n valori, se obține, prin eliminarea a n' valori, o nouă colectivitate cu $n - n'$ termeni. Acestui nou șir i se aplică din nou criteriul lui Chauvenet și așa mai departe, pînă cînd criteriul nu indică necesitatea eliminării vreunuia dintre termeni. Se ia ca valoare cea mai probabilă medie aritmetică a termenilor acestui din urmă șir.

Ca urmare a tuturor prelucrărilor statistice enunțate se face trasarea caracteristicilor tensiune-timp.

Rezultate experimentale

Pentru a exemplifica metoda de prelucrare statistică a rezultatelor descrisă la punctul 3 se va arăta în cele ce urmează modul în care s-au condus calculele la determinarea caracteristicii tensiune-timp a unui element de lanț de suspensie de sticlă călită.

Verificarea calitativă a distribuției normale s-a făcut numai pentru punctul 1 al curbei pe baza a 50 de înregistrări oscilografice. Din aceste oscilograme au rezultat două colectivități, una din 50 de valori de tensiuni și cealaltă din 50 de valori de timpi de tăiere. S-au determinat mediile aritmetice, abaterile de la aceste medii (x) și pătratele acestor abateri (x^2).

Pentru colectivitatea valorilor obținute pentru tensiuni, s-a utilizat, ca criteriu de verificare, compararea variației frecvențelor în funcție de abaterile de la media aritmetică cu curba de distribuție normală dată de expresia (1). Această comparare se vede în figura 4.

Curba din această figură este reprezentarea funcției:

$$y_n = 15{,}15 \frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp[-(0{,}303\, x)^2],$$

obținută din expresia (1) în care s-au înlocuit valorile obținute din următoarele operații succesive efectuate cu ajutorul expresiilor (2) și (3):

$$\sum x^2 = 272{,}67 \text{ (kV)}^2$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{272{,}67}{50}} = 2{,}33 \text{ kV},$$

$$h = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot 2{,}33} = 0{,}303\,1/\text{kV}.$$

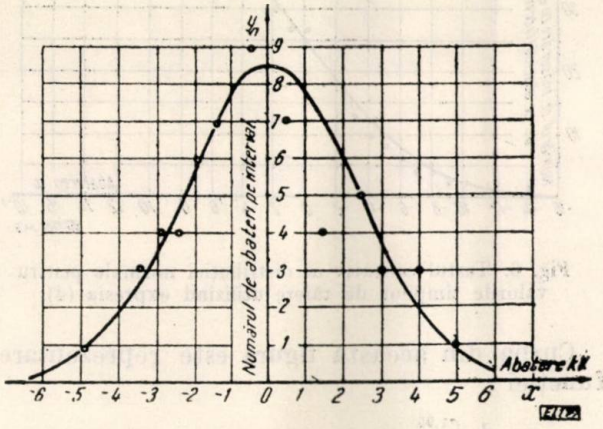


Fig. 4. Testul calitativ al distribuției normale pentru valorile tensiunilor utilizînd expresia (1).

Pentru fiecare valoare dată lui x se obține o valoare pentru hx pentru care din anexa 2, tabela 1 a lucrării [14], se găsește valoarea expresiei $\frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp(-h^2 x^2)$.

Punctele din figura 4, notate cu balustrări reprezintă frecvențele abaterilor din abscise determinate experimental. Din această figură se vede o bună concordanță între graficul rezultatelor și curba ideală.

Pentru colectivitatea valorilor obținute pentru timpii de tăiere, dispersia abaterilor de la

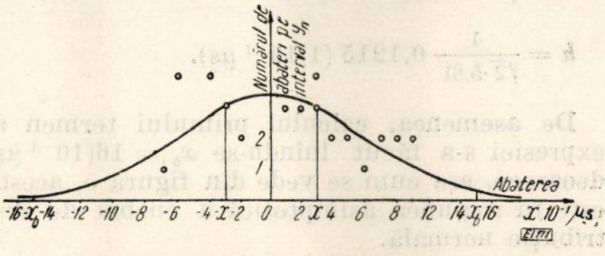


Fig. 5. Testul calitativ al distribuției normale pentru valorile timpilor de tăiere utilizînd expresia (1).

media aritmetică este mai mare, așa cum se vede din figura 5, realizată după procedeul de mai sus.

De aceea s-a utilizat, în acest caz, ca criteriu de verificare suprapunerea integralei curbei lui Gauss peste graficul ce reprezintă variația frecvenței cumulate în funcție de abaterile

de la media aritmetică. Această comparare se vede în figura 6.

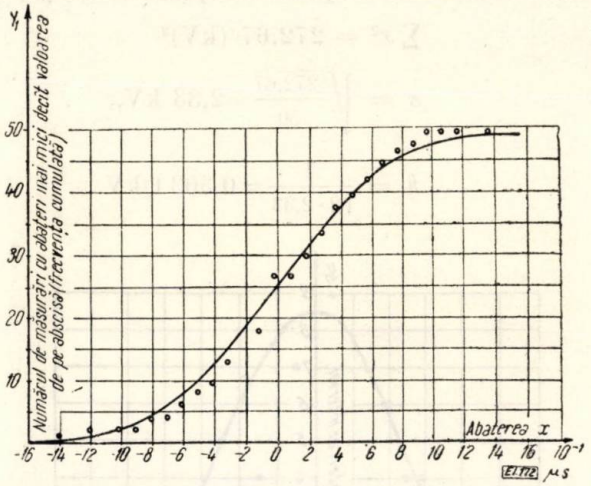


Fig. 6. Testul calitativ al distribuției normale pentru valorile timpilor de tăiere utilizînd expresia (4).

Curba din această figură este reprezentarea funcției :

$$Y_1 = 50\,\frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_0^{1,95} \exp\,[-(0{,}1215\,x)^2]\,\mathrm{d}(0{,}1215\,x) \pm$$

$$\pm\,50\,\frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_0^{0,1215x} \exp\,[-(0{,}1215\,x)^2]\,\mathrm{d}(0{,}1215\,x)$$

sau :

$$Y_1 = 24{,}855 \pm \int_0^{0,1215x} \exp[-(0{,}1215\,x)]\,\mathrm{d}(0{,}1215x),$$

obținută din expresia (5) în care s-au înlocuit valorile rezultate din următoarele operații succesive efectuate cu ajutorul expresiilor (2) și (3) :

$$\sum x^2 = 16{,}8996\ (\mu s)^2,$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{16{,}8996}{50}} = 5{,}81\ \mu s = 5{,}81\ (10^{-1}\mu s)$$

$$h = \frac{1}{\sqrt{2}\cdot 5{,}81}\ 0{,}1215\ (1/10^{-1}\ \mu s).$$

De asemenea, calculul primului termen al expresiei s-a făcut luîndu-se $x_b = 16(10^{-1}\ \mu s)$ deoarece, așa cum se vede din figura 5, acesta este în regiunea asimptotică a curbei de distribuție normală.

Pentru fiecare abatere de la media aritmetică x se obține produsul hx pentru care din anexa 2 tabela 2 a lucrării [14] se găsește valoarea integralei :

$$I = \frac{2}{\sqrt{2}}\int_0^{hx} \exp\,(-h^2\,x^2)\mathrm{d}(hx).$$

Punctele din figura 6 notate cu balustrări reprezintă frecvențele cumulate ale abaterilor din abscisă determinate experimental. Din această figură se vede o bună concordanță între graficul rezultatelor și curba ideală.

Trasarea caracteristicilor tensiune-timp. Întrucît aplicînd criteriile de mai sus s-a putut trage concluzia că rezultatele obținute respectă legile unei repartiții binomiale, s-a trecut la realizarea înregistrărilor oscilografice necesare determinării celorlalte puncte ale caracteristicii și la prelucrarea în această lumină a rezultatelor obținute.

Numărul de oscilograme înregistrat pentru caracterizarea fiecărui punct al curbei este indicat în tabela 1 și este egal cu numărul unităților care compun fiecare colectivitate în parte.

Tabela 1

Rezultatele obținute la determinarea caracteristicii tensiune timp pentru un element de lanț de izolator de sticlă IS—1

Nr. punctului,	Nr. de determinări,	Determinarea ordonatelor (tensiuni)			Determinarea absciselor (timpi)		
		valoarea cea mai probabilă,	abaterea medie pătratică σ,	modulul de precizie h,	valoarea cea mai probabilă,	abaterea medie pătratică σ,	modulul de precizie h,
k	n_k	kVm	kVm	1/kVm	μs	μs	$1/10^{-1}$ μs
1	50	93,5	2,33	0,303	2,9	0,46	0,154
2	21	95,3	2,14	0,330	2,19	0,258	0,272
3	37	96,9	1,69	0,419	2,15	0,4	0,177
4	31	99,4	0,945	0,75	1,66	0,118	0,6
5	13	112,7	2,34	0,302	1,07	0,088	0,805
6	17	117,9	1,4	0,505	1,87	0,057	1,24
7	19	121,9	2,38	0,297	0,81	0,2	0,354
8	20	132,6	2,83	0,250	0,7	0,035	2,02
9	14	138,6	3,81	0,185	0,58	0.035	2,02

Din oscilogramele înregistrate (a se vedea tipurile reprezentative din figura 2) s-au extras, în cîte o tabelă întocmită pentru fiecare dintre cele nouă puncte alese a fi determinate, valorile tensiunilor corectate în funcție de condițiile atmosferice în care s-au executat măsurările și valorile timpilor de tăiere.

Fiecare dintre cele două colectivități (tensiuni și timpi de tăiere) a fost prelucrată în cîte o tabelă separată în care s-au determinat media aritmetică a șirului, abaterile la media aritmetică x, pătratele acestor abateri x^2, abaterea medie pătratică σ, modulul de precizie h și valoarea limită a criteriului de eliminare a lui Chauvenet $\tilde{x}$ extrasă din anexa 2, tabela 3, a lucrării [14]. Dacă criteriul lui Chauvenet a indicat necesitatea eliminării unor termeni s-au recalculat media aritmetică și valorile x, x^2, σ, h, $\tilde{x}$ pentru noul șir de termeni obținuți și așa mai departe pînă cînd toate valorile lui x au fost mai mici decît cele ale lui $\tilde{x}$.

Tabelele obținute nu se redau în articol, deoarece numărul lor este foarte mare. Se dă numai, în tabela 1, sinteza prelucrării statistice a datelor obținute în vederea determinării caracteristicii tensiune-timp pentru elementul de lanț de izolatoare.

Pentru determinarea caracteristicii tensiune-timp a lanțului de izolatoare, procedeul a fost același, cu deosebirea că nu s-a mai făcut verificarea distribuției normale. Sinteza rezultatelor pentru acest lanț se dă în tabela 2.

Tabela 2

Rezultatele obținute la determinarea caracteristicii tensiune-timp pentru un lanț de izolator din trei elemente de sticlă IS—1

nr. punctului, k	nr. de determinări, n_k	Determinarea ordonatelor (tensiuni)			Determinarea absciselor (timpi)		
		valoarea cea mai probabilă, kVm	abaterea medie pătratică σ, kVm	modulul de precizie h, 1/kVm	valoarea cea mai probabilă, μs	abaterea medie pătratică σ, μs	modulul de precizie h, $1/10^{-1}$ μs
1	30	272,5	2,18	0,325	3,07	0,44	0,310
2	20	278	3,26	0,218	2,35	0,216	0,327
3	32	295,7	3,41	0,207	1,68	0,147	0,480
4	16	328	4,36	0,145	1,1	0,111	0,632
5	20	353,5	8,7	0,081	0,9	0,135	0,524
6	22	373,8	6,28	0,1125	0,74	0,0644	1,18

Cu datele din tabelele 1 și 2 s-au trasat caracteristicile tensiune-timp pentru elementul de lanț în figura 7 și pentru lanțul de izolatoare în figura 8.

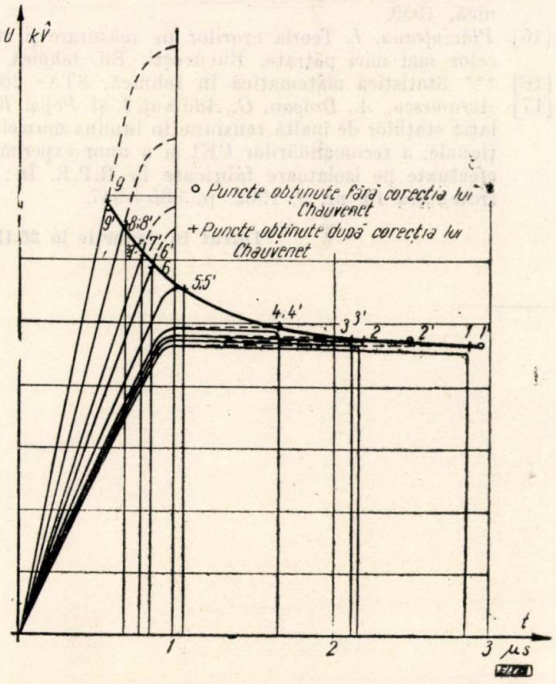


Fig. 7. Caracteristica de impuls tensiune-timp pentru un element de lanț de izolator de sticlă călită.

Din observarea figurilor 7 și 8 se constată că, în urma corecțiilor făcute cu ajutorul criteriului lui Chauvenet, punctele s-au apropiat și mai mult de curba tipică a caracteristicii de impuls tensiune-timp pentru spații izolante în aer.

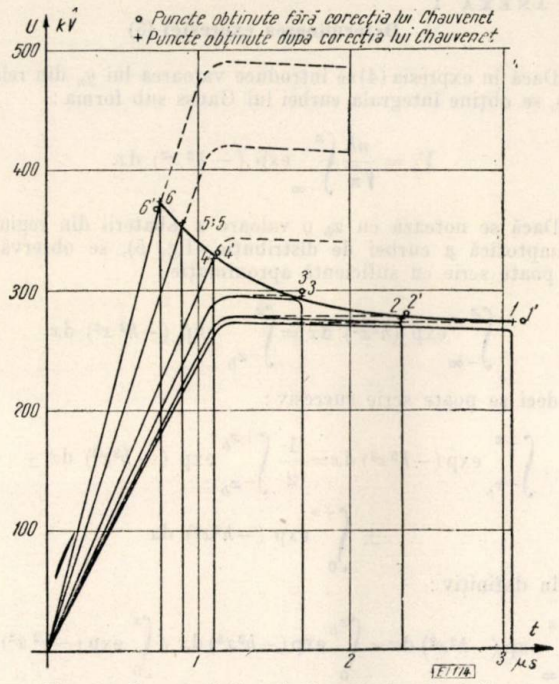


Fig. 8. Caracteristica de impuls tensiune-timp pentru un izolator lanț format din trei elemente.

Concluzii

Din analiza valorilor obținute la determinarea caracteristicii tensiune-timp a unor izolatoare de înaltă tensiune rezultă, în primul rînd, că dacă determinările se fac cu dispozitive adecvate, care asigură erori de măsură minime, rezultatele obținute se încadrează într-o distribuție normală. Examinînd valorile din tabelele 1 și 2 se pot trage concluzii asupra gradului de dispersie a determinărilor, cunoscîndu-se că dispersia valorilor măsurate este cu atît mai mare cu cît abaterea medie pătratică este mai mare și modulul de precizie mai mic. Se constată că, în general, dispersiile mai mari au rezultat la determinarea tensiunilor pentru cazurile de tăiere a undei pe front, iar la determinarea timpilor pentru cazurile de tăiere a undei pe spate. Acest lucru se explică ținînd seamă de forma undei de impuls aplicată.

Din observarea figurii 8 se constată că este suficient un număr de 5—6 determinări, deoarece caracteristica tensiune-timp obținută pentru lanțul de izolatoare s-a trasat destul de exact cu 6 puncte, punctul 5 nefiind absolut indispensabil.

Caracteristicile tensiune-timp determinate pentru izolatorul IS—1 și pentru lanțul de izolator format dintre 3 elemente IS—1 vor putea fi folosite de utilizatorii acestor tipuri în vederea stabilirii sistemului de coordonare a izolațiilor pe linii de 15 kV (curba din figura 7) și de 35 kV (curba din figura 8), în conformitate cu normele naționale [1] și folosind studiile [2], [17] făcute de cercetătorii romîni în problemele coordonării izolației.

ANEXA 1

Determinarea expresiei (5)

Dacă în expresia (4) se introduce valoarea lui y_n din relaţia (1), se obţine integrala curbei lui Gauss sub forma :

$$Y_1 = \frac{nh}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{x} \exp\ (-h^2 x^2)\ \mathrm{d}x. \qquad (7)$$

Dacă se notează cu x_b o valoare a abaterii din regiunea asimptotică a curbei de distribuţie (fig. 5), se observă că se poate scrie cu suficientă aproximaţie :

$$\int_{-\infty}^{x} \exp\ (h^2 x^2)\ \mathrm{d}x = \int_{-x_b}^{x} \exp\ (-h^2 x^2)\ \mathrm{d}x \qquad (8)$$

şi deci se poate scrie succesiv :

$$\int_{-x_b}^{\pm x} \exp\,(-h^2x^2)\,\mathrm{d}x = \frac{1}{2}\int_{-x_b}^{+x_b} \exp\ (-h^2x^2)\ \mathrm{d}x \pm$$

$$\pm \int_{0}^{+x} \exp\ (-h^2x^2)\ \mathrm{d}x$$

şi în definitiv :

$$\int_{-\infty}^{\pm x} \exp\,(-h^2x^2)\,\mathrm{d}x = \int_{0}^{x_b} \exp\,(-h^2x^2)\,\mathrm{d}x \pm \int_{0}^{x} \exp\,(-h^2\,x^2)\,\mathrm{d}x. \qquad (9)$$

Înlocuind relaţia (9) în relaţia (7) rezultă (5) :

$$Y_1 = n\left[\frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_{0}^{hx_b} \exp\,(-h^2x^2)\mathrm{d}(hx) \pm\right.$$

$$\left. \pm\ \frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_{0}^{+hx} \exp(-h^2x^2)\,\mathrm{d}\,hx\right).$$

Bibliografie

[1] *** Reţele electrice peste 1 kV. Coordonarea izolaţiei. Nivelele de izolaţie şi de protecţie. STAS 6489-61.

[2] *Hortopan, Gh.* Încercarea la impuls a echipamentului electric. Bucureşti, I.D.T., 1958.

[3] *Drăgan, G.* şi *Popa, B.* Ridicarea caracteristicii tensiune timp la izolatoarele electrice. În : Electrotehnica **7**, nr. 5, 1959, p. 177–182.

[4] *Drăgan, G.* şi *Popa, B.* Încercarea izolatoarelor electrice de fabricaţie romînească pentru liniile de 10–35 kV. În : Electrotehnica **8**, nr. 9, 1960, p. 313–321.

[5] *Bauman, W.* Statistischer Fehler bei der Bestimmung der 50% Überschlagstosspannung. În : ETZ-A **72**, nr. 11, 1957, p. 369–375.

[6] *Adămuţ, I.* şi *Drăgan, G.* Cercetări privind stabilirea nivelului de izolaţie a barelor din staţiile şi posturile de transformare de tip interior. În : Studii şi cercetări de energetică **12**, nr. 2, 1962, p. 269–298.

[7] *Baatz, H.* şi *Fischer, A.* Nenn-Stehstosspannung und Stehstosspannung. În : ETZ-A **84**, nr. 25, 1963, p. 853–854.

[8] *Popescu, Ch., Tănăsescu, Fl., Tenţulescu, D.* şi *Goldenberg, I.* Cercetări asupra fabricării în R.P.R., a izolatoarelor de suspensie cu capă, din sticlă călită. În : Electrotehnica **11**, nr. 1, 1963, p. 14 – 22.

[9] *Hortopan, Gh.* Observaţii privind calculul şi comanda unui generator de impuls. În : Electrotehnica **5**, nr. 1, 1957, p. 13–18.

[10] *Hortopan, Gh.* Un generator de impuls de tensiune de 750 kV. În : Electrotehnica **6**, nr. 5, 1958, p. 172–176.

[11] *Hortopan, Gh.* Dispozitiv pentru sincronizarea generatorului de impuls de tensiune cu oscilograful catodic. În : Electrotehnica **6**, nr. 4, 1958, p. 126–130.

[12] *Hortopan, Gh.* Timpul de răspuns al unui divizor de tensiune ecranat. În : Electrotehnica **11**, nr. 9, 1963, p. 328–333.

[13] *** Recommandation pour la technique des essais à haute tension. CEI, publicaţia 60, Geneva, 1962.

[14] *Worting, A. G.* şi *Geffner, I.* Prelucrarea datelor experimentale (traducere din l. engleză). Bucureşti, Ed. tehnică, 1959.

[15] *Plăcinţeanu, I.* Teoria erorilor de măsurare şi metoda celor mai mici pătrate. Bucureşti, Ed. tehnică, 1957.

[16] *** Statistica matematică în tehnică. STAS 2631-58.

[17] *Avramescu, A., Drăgan, G., Adămuţ, I.* şi *Popa, B.* Izolaţia staţiilor de înaltă tensiune în lumina normelor naţionale, a recomandărilor CEI şi a unor experimentări efectuate pe izolatoare fabricate în R.P.R. În : Electrotehnica **10**, nr. 9, 1962, p. 335–347.

Intrat în redacţie la 25.II.1964

RECENZII

CZ 621.3.066.6 : 621.315.5

A. Keil. **Materiale pentru contacte electrice** (Werkstoffe für elektrische Kontakte). Berlin, Springer-Verlag, 1960, 347 pag.

Lucrarea a apărut în cadrul unui ciclu de „Metalurgie pură și aplicată". Ea își propune să facă o legătură între cerințele contactului electric și materialul pentru acest contact. Se arată că în acest domeniu, din punct de vedere științific, nu s-a realizat prea mult.

Lucrarea de față este concepută pentru cititorii cu o pregătire superioară și se adresează specialiștilor din industia electrotehnică și cea metalurgică. Prin modul în care este tratat materialul, se dă posibilitatea oricărui inginer electrotehnician, chiar dacă nu posedă cunoștințe speciale despre fenomenele fizice la deschiderea și închiderea contactelor electrice și nu are o bază solidă în domeniul metalurgiei, să se orienteze suficient de ușor asupra materialului și a tehnologiei contactului pentru fiecare caz practic. Deci, lucrarea este un sprijin prețios atît în construcția utilajelor electrice (pentru curenți tari și slabi), cît și în cercetare.

Trebuie arătat că la elaborarea materialului au contribuit o serie de specialiști din diferitele domenii pe care le atinge lucrarea (fizicieni, metalurgi, constructori de aparataj electrotehnic), ceea ce a contribuit la întocmirea unei lucrări valoroase.

Se mai poate sublinia aspectul grafic ireproșabil al lucrării (diagrame foarte îngrijite, fotografii și schițe foarte clare).

Lucrarea este împărțită în patru capitole.

În primul capitol se tratează baza fizică a contactului electric și a fenomenelor care apar la deschiderea și închiderea acestuia.

Se începe cu analizarea rezistenței de contact, a componentelor sale, a parametrilor de care depinde mărima ei (caracteristici ca : rezistența de contact-cădere de tensiune în contact ; cădere de tensiune-temperatură).

Apoi, pe scurt, sînt analizate contactele permanente și cîteva aspecte legate de realizarea lor (cleme, lipire, sudare).

Fenomenele ce apar la contacte care comută fără curent, ca : rezistență superficială, distingerea stratului de impurități, sudarea și unele observații practice, pentru prize și alte întreruptoare, sînt tratate în acest capitol.

Cea mai mare parte a acestui capitol tratează despre fenomenele ce apar la contacte care comută sub sarcină. Sînt tratate : oscilograma procesului de comutare, caracteristica V—A a arcului electric, formarea arcului electric la contacte (formarea purtătorilor de sarcini, descărcarea prin efect Townsend, descărcarea luminescentă, plasma, emisia de electroni din metale), precum și analiza arcului electric (domeniile arcului) și a fenomenelor care însoțesc arcul electric. Sînt tratate clar și concis : arderea contactelor, migrația masivă și fină de material și problema arcului scurt.

Sfîrșitul capitolului cuprinde unele completări, ca : zgomotul la contacte, plutirea contactului, observații pentru deschiderea circuitului fără scînteie, migrația de material în cazul curentului alternativ și se încheie cu cîteva aspecte specifice contactelor glisante.

Capitolul II tratează bazele metalurgice ale metalelor folosite pentru contacte. În introducere se face o clasificare a principalelor tipuri de contacte în cinci grupe (cele care conectează fără curent, contacte în domeniul migrației fine, în domeniul migrației masive, contacte care lucrează sub arc puternic și contacte glisante) și se indică metalele sau metalele de bază, în cazul aliajelor, cele mai des folosite în prezent, pentru fiecare grupă.

Restul capitolului este împărțit în trei părți, în care sînt analizate principalele metale și aliaje folosite în tehnica contactelor (lipsesc unele materiale care constituie patente în prezent).

Prima parte tratează metalele și aliajele obținute prin topire, și anume :

— metalele cu punct de topire sub 2 000°C (aluminiul, cuprul, mercurul, nichelul și aliajele lor) ; sînt tratate și aliajele care se folosesc pentru arcurile contactelor ;

— aurul, argintul și aliajele lor ;

— metalele platinice (paladiul, platina, rodiul și aliajele primelor două).

Partea a doua se ocupă de metalele obținute pe calea sinterizării, și anume : reniul, wolframul și molibdenul.

Partea a treia tratează aliajele obținute pe calea sinterizării (pseudoaliajele). Sînt indicate principalele procese de sinterizare și apoi analizate aliajele : cupru-wolfram, argint-oxizi de metale, argint-metale cu temperatura de topire ridicată și argint-grafit.

Capitolul se încheie cu tabele (raportul rezistivității în stare topită și în stare solidă, temperaturile de topire și vaporizare, tensiunea de ionizare a elementelor, șirul tensiunilor termoelectrice, proprietăți fizice ale metalelor și aliajelor).

În cadrul expunerii, fiecare metal (sau aliaj) este analizat amănunțit, indicîndu-se :

— puritatea necesară (pentru tehnică) ;

— proprietățile fizice (greutatea atomică, densitatea, temperatura de topire, căldura latentă la topire, căldura specifică, rezistivitatea, coeficientul de variație a rezistivității cu temperatura, conductivitatea termică, duritatea, efortul unitar de rupere la întindere, temperatura de înmuiere etc.) ;

— proprietățile chimice (afinitatea față de agenții atmosferici, proprietățile oxizilor etc.) ;

— proprietățile tehnologice (posibilități de prelucrare, de lipire și sudare, proprietățile funcție de procesul de prelucrare, iar pentru aliaje se dau și diagramele de stare) ;

— aplicații : se arată pentru ce fel de contacte, în ce condiții de lucru și pentru ce fel de aparat este indicat (și folosit în prezent) metalul sau aliajul respectiv, dacă trebuie asigurate presiuni mari sau mici în contact, în ce medii poate fi întrebuințat ca metal pur și ce procese de protecție trebuie realizate pentru medii necorespunzătoare ; se dau comportarea metalului (aliajului) la arcul electric, migrația fină și masivă, tendința de sudare.

Capitolul III. Acest capitol atacă unele probleme speciale de material în cazul contactului electric. Sînt tratate mai multe fenomene care contribuie la uzura contactelor. Se citează :

— Reacții chimice la contacte în repaus. Afinitatea mare a argintului pentru sulf, mediile periculoase și consecințele prezenței sulfurii de argint pe suprafața de contact ; polimerizarea legăturilor aromatice nesaturate pe unele metale platinice ; oxidarea pronunțată a wolframului și importanța practică a straturilor străine pe suprafața de contact.

— Reacții la contact în timpul conectării, reacții chimice în arc și carbonizarea materialelor organice care s-au depus prin absorbție.

— Efecte de material în arc. Arderea materialelor sinterizate, stabilitatea la sudură ca proprietate de material, deformații mecanice (la contacte) produse de arcul electric.

— Efecte de material în domeniul migrației fine. Experiențe asupra unor aliaje, influența conductibilității materialului de contact, migrația de material la contacte din metale diferite și influența atmosferei.

— Efecte electrochimice la contacte glisante.

Capitolul IV este un capitol cu caracter pur practic și destinat constructorului de contacte.

În prima parte sînt arătate criteriile de care trebuie să se țină seamă la alegerea materialului de contact (atît pentru un contact nou, cît și pentru înlocuirea unui contact ale cărui performanțe nu mai corespund).

Apoi se trece la tehnologia principalelor tipuri de contacte, ca : nituri masive, nituri placate, bimetale pentru contacte, profile placate, contacte cu strat străin depus prin sudură contacte cu straturi depuse galvanic ș.a.

Un paragraf este destinat formelor practice ale unor contacte. Sînt arătate : contacte elastice pentru relee, contacte duble, contacte sub formă de puuți și forme speciale de contacte.

Succint este tratată îngrijirea contactelor atît în exploatare, cît și la transport.

Procesului de lipire (tare și moale) i se dă o atenție deosebită. Sînt analizate principalele procese de lipire și aliaje de lipire și o tabelă centralizatoare cuprinzînd circa 37 aliaje de lipire cu caracteristicile lor, metale pentru care sînt indicate și cazuri de folosire în tehnica contactelor.

În încheiere, cu titlu informativ se aminteşte posibilitatea comutării cu ajutorul elementelor semiconductoare, tuburi cu vid sau cu vapori, fiind date cîteva exemple.

Lucrarea mai cuprinde două anexe, şi anume :

— două tabele centralizatoare, dintre care unul cuprinde 27 de metale şi aliaje cu principalele proprietăţi, cazuri tipice, cînd sînt folosite (la construcţia contactelor) şi forma constructivă uzuală, iar celălalt, circa 28 de categorii de aparate cu cerinţele ce se pun contactelor, materialele folosite de obicei şi forma contactului ;

— normele DIN pentru niturile din două metale.

În concluzie, lucrarea conţine date utile privind folosirea contactelor electrice în construcţia aparatelor şi constituie un ajutor preţios pentru specialiştii care sînt în contact cu acest domeniu al tehnicii.

Gh. Titz

CZ 621.315.61 : 621.316.57 : 621.314.224.3

Koroviakovski, I. G. **Materiale electroizolante folosite în construcţia întreruptoarelor şi a transformatoarelor de măsură de înaltă tensiune** (Elektroizoliaţionie material v konstrukţiiah nikliuciatelei i transformatorov toka vîsokovo napriajenua). Moscova, Gosenergoizdat, 1963, 88 pag. 38, fig. 18 tab., 21 ref. bibl.

Dezvoltarea sistemelor energetice moderne este legată de realizarea aparatajului de foarte înaltă tensiune. Astfel, pentru liniile de transport de energie lucrînd în curent alternativ se cer întreruptoare lucrînd la tensiunea de 500 kV, iar pentru cele care lucrează în curent contiuu sînt necesare, în ultima vreme, întreruptoare pentru tensiunea maximă de 800 kV.

Este firesc ca la constucţia întreruptoarelor care lucrează la astfel de tensiuni, alegerea materialelor electroizolante să devină, o problemă importantă. Lucrarea lui I. G. Koroviakovski, specialist în domeniul aparatajului de înaltă tensiune din U.R.S.S., se ocupă tocmai de această problemă legată de practica construcţiei de aparataj din industria sovietică.

Primul capitol se ocupă de caracteristicile mecanice şi electrice ale materialelor electroizolante, moderne, folosite în construcţia aparatajului de înaltă tensiune. După cîteva paragrafe preliminare, în care se prezintă clasificarea materialelor electroizolante şi cerinţele impuse izolaţiei, autorul trece la analiza propriu-zisă a acestor materiale, şi anume : stratificate, ceramice, hîrtii şi cartoane, dielectrici lichizi şi gazoşi. Tot în acest capitol se studiază influenţa absorbţiei de apă asupra rigidităţii dielectrice a materialelor izolante.

Dat fiind importanţa problemei rigidităţii dielectrice, un întreg capitol tratează această principală caracteristică. Autorul prezintă mai întîi mecanismul străpungerii termice şi electrice a dielectricilor solzi şi separat al dielectricilor lichizi. Apoi se indică temperaturile admisibile ale diferitelor părţi ale aparatelor la regim permanent şi la curenţi de scurtcircuit. Ţinînd seamă de condiţiile specifice de lucru ale aparatajului de înaltă tensiune se studiază în lucrare verificarea rigidităţii dielectrice în condiţii de solicitare termică ridicată.

Cel de-al treilea capitol prezintă materialele izolante folosite în construcţia camerelor de stingere ale întreruptoarelor cu ulei. Întîi se face o clasificare a camerelor de stingere şi apoi se prezintă materialele izolante folosite. Aceste materiale sînt clasificate după clasele de tensiune corespunzătoare camerelor de stingere, şi anume : pentru tensiunea pînă la 35 kV şi apoi pentru tensiunile între 110 şi 500 kV.

Un întreg capitol (al patrulea) este consacrat problemei izolatoarelor ceramice. După clasificarea lor în trei grupe principale (de suport, de trecere şi de tracţiune, se prezintă condiţiile de încercare la străpungere electrică, ce se face în trei feluri : în stare uscată, în stare umedă şi la impuls. Tensiunile manuale ale acestor izolatoare sînt între 3 şi 600 kV, la care corespund tensiunile de încercare în stare uscată între 27 şi 1 400 kV şi tensiunile de încercare în stare umedă între 20 şi 840 kV. În sfîrşit, tensiunile de încercare la impuls sînt între 44 şi 1 800 kV. În capitol se tratează şi calculul izoltoarelor din punct de vedere electric şi mecanic.

Capitolul următor studiază izolaţia bornelor (în care intră izolatoarele) pentru aparatajul de foarte înaltă tensiune. Aici se pun o serie de probleme tehnologice între care se notează : armarea şi umplerea bornelor cu masă compound.

Izolaţia transformatoarelor de curent este tratată în capitolul al şaselea. Construcţiile moderne de astfel de transformatoare se toarnă în răşini epoxidice (pentru tensiunile pînă la 10 kV). Faţă de vechea construcţie impregnată în ulei mineral, construcţia nouă turnată în răşini epoxidice are o serie de avantaje, şi anume : indici tehnico-economici îmbunătăţiţi, rigiditate mecanică şi dielectrică ridicată.

Transformatoarele de curent cu tensiuni mai mari de 10 kV, şi anume : 15, 20, 35, 110, 154, 220, 330 şi 500 kV sînt realizate cu bobinajele primare şi secundare impregnate în uleiuri minerale. Se prezintă tipul de transformator pentru tensiunea de 35 kV şi tipul de transformator pentru tensiunea de 110 kV. Pentru tensiunile de 400 şi 500 kV se montează în cascadă transformatoare de cîte 110 kV.

Ultimul capitol se referă la încercările izolaţiei aparatajului de înaltă tensiune. Acestea sînt grupate în trei categorii : de tip, de control şi de exploatare. Se insistă mai mult asupra încercărilor din exploatare, care la rîndul lor sînt grupate în următoarele şase grupe : încercarea izolaţiei aparatelor la tensiune mărită ; măsurarea unghiului de pierderi a diferitelor părţi componente ale izolaţiei întreruptoarelor ; măsurarea rezistenţei izolaţiei în curent continuu sau măsurarea curentului de conductibilitate, măsurarea capacităţii, măsurarea repartizării tensiunilor şi măsurarea nivelului descărcărilor parţiale din izolaţie.

Lucrarea are meritul de a pune la îndemîna constructorilor de aparataj electric date preţioase cu privire la alegerea, dimensionarea şi tehnologia prelucrării materialelor izolante folosite în construcţia întreruptoarelor şi a transformatoarelor de curent de înaltă tensiune.

A. Bercu

CZ 621.315.2 : 621.315.616.9

Kulakova, R. V. **Cabluri de forţă cu izolaţie din materiale plastice** (Silonie cabeli s plastmasovoi izolaţiei). Moscova, Gosenergoizdat, 1963, 95 pag. 59, fig. 28 tab., 50 ref. bibl.

În tehnica mondială se constată o tendinţă de înlocuire a construcţiilor de cabluri de forţă (pentru tensiuni joase şi medii), avînd dielectricul hîrtia impregnată în uleiuri minerale. Aceasta, pe de o parte, datorită costului ridicat al hîrtiei speciale electroizolante şi, pe de altă parte, tehnologiei greoaie de înfăşurare, impregnare şi armare a cablurilor. Numai tehnologia impregnării sub vid intens durează cîteva zile.

Din aceste cauze s-a trecut la fabricarea pe scară largă a cablurilor cu izolaţie şi cu manta de protecţie din materiale plastice. Aceste noi construcţii de cabluri au următoarele avantaje, faţă de cablurile cu hîrtie : greutatea lor specifică este mai mică, nu necesită protecţii speciale faţă de acţiunea umidităţii, permit montarea cablurilor pe porţiuni cu pantă mare sau chiar pe trasee verticale. Absorbţia infimă de apă a acestor cabluri permite folosirea lor în medii foarte umede sau chiar sub apă. Pînă în prezent se realizează pe scară industrială cabluri de forţă pentru tensiuni pînă la 35 kV.

Lucrarea prezintă studiul electrofizic al acestor noi tipuri de cabluri. În afară de sursele din literatura tehnică se folosesc şi rezultatele lucrărilor efectuate la Institutul de cercetări pentru industria cablurilor, din Moscova.

Autorul prezintă în primul capitol principalele caracteristici fizico-chimice ale materialelor plastice folosite în construcţia cablurilor de forţă, şi anume : polietilena şi policlorura de vinil (PCV). Această prezentare are un caracter critic şi comparativ cu materialele folosite la construcţiile clasice de cabluri. Caracteristicile electrice sînt studiate în cel de-al doilea capitol, în care se dă o atenţie deosebită problemei ionizării. Se consideră justificat acest lucru, dat fiind că durata de viaţă a cablurilor depinde, în primul rînd, de tensiunea lor de ionizare. Principala cauză a limitării fabricaţiei de cabluri din materiale plastice pînă la 35 kV o constituie prezenţa incluziunilor de aer care favorizează ionizarea (crescînd mult o dată cu ridicarea tensiunii de lucru). În afară de

determinările experimentale ale tensiunilor, respectiv ale gradienților de ionizare, autorul prezintă o formulă pentru calculul intensității cîmpului electric corespunzător începutului ionizării, în funcție de dimensiunea incluziunii de aer și de coordonatele ei geometrice. Astfel s-a determinat E_i (gradientul de ionizare) pentru cablurile din polietilenă la 4,2 kV/mm, pe cîtă vreme pentru cablurile izolate cu un amestec de polietilenă și 5% cauciuc butilic scade la 2,5—2,9 kV/mm. Determinarea experimentală a tensiunii de ionizare s-a făcut prin metoda variației tgδ, în funcție de tensiune, considerîndu-se începutul ionizării la tensiunea corespunzătoare creșterii bruște a pierderilor dielectrice. În privința străpungerii dielectricului, autorul consideră că în cazul polietilenei aceasta este cauzată de ionizarea în interstițiile de aer, care duce la o erodare a materialului. La studiul rigidității dielectrice s-au făcut numeroase determinări ale „curbelor de viață", respectiv diagrama durata de viață, în funcție de gradientul de potențial aplicat. Se prezintă o relație de calcul al duratei de viață, și anume :

$$G^n T = \text{const.},$$

unde T este durata de viață la gradientul de lucru G, și se face verificarea acestei relații.

Problema ecranării cablurilor este tratată în capitolul al treilea. Eficiența ecranării este studiată tot prin curbele variației tgδ, în funcție de tensiune. Acest capitol prezintă date constructive importante cu privire la alegerea ecranelor și sarcinilor admisibile.

Capitolul al patrulea prezintă construcțiile de cabluri cu izolația din materiale plastice, pentru tensiunile între 500 și 35 000 V. Cablurile pentru tensiunile de 10—35 kV au, atît izolația propriu-zisă, cît și mantaua de protecție, din materiale plastice. La cablurile care se montează sub pămînt, mantaua de protecție este tot din plumb ca și la cablurile cu izolația din hîrtie impregnată.

În capitolul al cincilea, se prezintă construcțiile de cabluri cu izolații din polietilenă și PCV, iar mantaua de protecție din PCV pentru tensiunea de 500 V, destinate electrificării agriculturii. Conductorii de curent din aluminiu sînt multifilari, cu secțiunile de bază tipizate, respectiv : 16, 25, 35 și 50 mm^2. Aceste cabluri sînt, practic, necorosive, fiind deci indicate a fi folosite la electrificarea gospodăriilor zootehnice cu acțiune intens corosivă și, tot datorită mantalei sale din materiale plastice, pot fi folosite în raioanele cu descărcări electrice frecvente.

Dacă în capitolele prezentate pînă acum s-a făcut studiul materialelor componente ale izolației cablurilor și a construcției lor, în capitolele 6—8 se tratează caracteristicile electrice ale cablurilor cu materiale plastice. În capitolul al nouălea se dau cîțiva indici tehnici și parametri de calcul. Astfel se prezintă gradienții de potențial de lucru (E_l) medii și maximi pentru diferite categorii de tensiuni. Dacă pentru tensiunea de 1 kV E_l este de numai 0,25—0,313 kV/mm (atît pentru PCV cît și pentru polietilenă) la tensiunile mai mari E_l crește, ajungînd pentru 35 kV la 2,92 kV/mm (valoarea medie), iar valoarea maximă la 5,48 kV/mm. Se consideră că aceste valori sînt dintre cele mai ridicate în domeniul cablurilor din materiale plastice. Temperaturile maxime admisibile (pentru vreme îndelungat) sînt de 65°C la cablurile cu tensiunile între 0,5 și 6 kV, de 60°C la tensiunea de 10 kV și, în fine, de 50°C pentru tensiunea de 35 kV.

Ultimul capitol privește tehnologia fabricației și montajului cablurilor. Însuși titlul modest al capitolului, și anume „Unele probleme ale tehnologiei fabricației și montajului cablurilor" arată volumul relativ restrîns al studiului acestor probleme. Cu toate că obiectul lucrării este studiul electrofizic al acestor cabluri, totuși această problemă (a tehnologiei) trebuie tratată mai pe larg. Autorul arată că una dintre liniile directoare ale proiectării tehnologiei o constituie înlăturarea incluziunilor de aer în timpul procesului de fabricație. În cadrul unei linii de fabricație prezentate în lucrare se specifică o instalație de control continuu pentru determinarea ionizării.

Dat fiind că în țară se lucrează intens la trecerea de la fabricația de cabluri de forță de joasă și medie tensiune, cu hîrtie impregnată, la fabricația de cabluri din materiale plastice, se consideră că lucrarea este de un real folos, atît inginerilor din fabricile noastre de cabluri, cît și energeticienilor care se ocupă cu montajul și întreținerea lor.

A. Bercu

REFERATE

CZ 621.3 *Electrotehnică generală*

CZ 621.3.064.2 : 621.3.014.31

Edels, H. **Întreruperea curentului și stingerea arcului electric** (Stromunterbrechung und Lichtbogenlöschung). În : Archiv für Energiewirtschaft **17**, nr. 11, 1963, p. 437—447, 11 ref. bibl.

Problema stingerii arcului electric din aparatele de comutație este dificilă și există puține date care să permită stabilirea unei teorii unitare. În acest scop se încearcă o apropiere între diferitele puncte de vedere ale principalilor cercetători care au lucrat în acest domeniu : Stepian, Prince, Mayr etc. După Stepian, menținerea sau stingerea arcului nu este decît o urmare a întrecerii dintre tensiunea de restabilire dintre contacte și „refacerea" rigidității dielectrice dintre acestea. Conform teoriei lui Prince (care se referă în special la întreruptoarele cu ulei), refacerea rigidității dielectrice are loc prin apariția, între electrozi, a unei pene subțiri izolatoare de ulei, întreruperea completă făcîndu-se doar atunci cînd această pană umple întreg spațiul disruptiv. Nici una dintre teorii nu rezolvă satisfăcător problema ; este însă posibil ca la fenomenul de întrerupere să fie prezente elemente ale ambelor teorii.

În justificarea poziției sale, autorul face cunoscute o serie de rezultate pe care le-a obținut prin măsurarea restabilirii rigidității dielectrice a pierderilor de putere în arc, a tensiunii de aprindere inversă și a temperaturii gazului. Parte din aceste încecări contrazic noțiunea de „aprindere inversă termică", stabilită de Stepian, ceea ce presupune schimbarea metodologiei de calcul al întreruptoarelor.

Fl. T.

CZ 621.3.066.6 : 531.7

Höft, H. **Duritatea contactului și suprafața reală de contact** (Kontakthärte und wahre Berührungsfläche). În : Elektrie, nr. 8, august 1963, p. 258—259, 1 fig., 1 tabl. 2 diagr.

Autorul descrie un sistem de măsurat pentru stabilirea suprafeței reale de contact și a forței aplicate pe contact, atît în domeniul elastic, cît și în cel plastic. Se ajunge la concluzia că adevărata suprafață de contact depinde de forța de presiune și de deformația elastică a două contacte.

Calculele diferiților cercetători au ajuns — cu toate că au tratat diferite forme de contacte — la concluzia unanimă că valoarea rezistenței de trecere respectă proporționalitatea : $R_E \sim \frac{\rho}{r_k}$, în care ρ este rezistența specifică a materialului de contact, iar r_k — raza medie a suprafeței de contact. Într-o tabelă sînt redate, pentru diferitele forme de contact, valorile

precise ale factorului de proporţionalitate. Sînt arătate apoi procedeele lui Brinell şi Vickers pentru măsurarea suprafeţei de contact, utilizîndu-se pentru noţiunea de duritate raportul $\frac{F}{A}$ în care F reprezintă forţa de presiune a contactelor, iar A – suprafaţa de contact produsă la această presiune, o suprafaţă care la rîndul ei se compune dintr-o parte elastică şi una plastică.

Măsurarea părţii elastice a suprafeţei de contact se efectuează cu un aparat la care contactul, datorită presiunii sale pe ipotenuza unei prisme de sticlă, provoacă o schimbare a raportului dintre razele care intră în această prismă şi cele care ies datorită reflecţiei totale. În diferite curbe sînt redate razele suprafeţelor de contact în funcţie de razele sferelor de contact, duritatea de contact (definită după Brinell, respectiv Vickers), în funcţie de presiune etc., constatîndu-se concordanţa dintre formulele teoretice şi rezultatele experienţelor. În concluzie, autorul ajunge la o formulă pentru valoarea adevăratei suprafeţe de contact.

G. C.

CZ 621.313 *Maşini electrice*

CZ 621.313.36.048.82 : 621.315.616.96

Forstmann, A.: **Bobinaje cu mare stabilitate impregnate în răşini sintetice** (Widerstandfähige mit Imprägnierharzen). În: Electrotehnik, **45**, nr. 22, 1963, p. 28–30, 5 fig.

Impregnarea micromotoarelor prezintă importanţă deosebită pentru obţinerea de caracteristici dielectrice şi termomecanice ridicate. Metoda clasică de impregnare consta în scufundarea motoarelor în lacuri fluide, după care avea loc polimerizarea. Perfecţionarea metodei constă în folosirea vidului. În industria modernă de micromotoare s-a renunţat la această metodă datorită următoarelor inconveniente: lacurile folosite nu ofereau o izolaţie stabilă termic şi mai ales la acţiunea agenţilor climatici, iar operaţia de scufundare avea un caracter neeconomic (datorită volumului de lac suplimentar). De aceea se foloseşte o nouă metodă care constă în impregnarea prin metoda „picurării" cu răşini sintetice, termorigide de tip epoxidic. Micromotoarele, în prealabil, deshidratate sînt aduse în instalaţia de picurare la o temperatură de circa 60–80°C şi rotite sub o duză de picurare. Jetul de răşină cade (sub formă de picături) pe partea de capăt a bobinajului. După impregnarea completă a bobinajului, constatată de prezenţa răşinii la extremitatea cealaltă a motorului, mai continuă rotirea pentru gelifierea răşinii. În sfîrşit, pentru întărirea completă a răşinii epoxidice micromotoarele sînt încălzite într-un termostat la 100°C, timp de cîteva ore. Se prezintă o instalaţie industrială de mare productivitate, în care toate operaţiile sînt mecanizate şi cu un grad mare de automatizare.

A. B.

CZ 621.313.17

Brunn, I. **Un electromotor pentru temperatura de 300°C** (Ein Motor für eine temperatur von 300°C). În: Elektrie, nr. 10, 1963, p. 325–326.

În cadrul lucrărilor pentru realizarea de instalaţii nucleare, Electrodyn-Berlin efectuează cercetări privind construcţia de electromotoare pentru temperaturi permanente de 300°C.

Ca material conductor s-a dovedit că aluminiul este de preferat cuprului. Cuprul expus timp mai îndelungat unor temperaturi de 270–300°C se oxidează pe o grosime de 18,9%, reducîndu-şi astfel secţiunea activă. Aluminiul rezistă în schimb pînă în apropierea punctului său de topire.

Privitor la izolaţie, la această temperatură rezistă doar materialele pe bază anorganică (mica, sticla, porţelanul etc.). S-a constatat însă că şi materialele izolante din silicon sînt utilizabile pînă în jurul temperaturii de 300°C. În consecinţă, s-au produs izolaţii de silicon învelite în ţesătură de sticlă şi apoi într-un chit special, obţinîndu-se tensiuni de străpungere de 600–700 V. S-au făcut, de asemenea, încercări cu izolaţi i(utilizate în străinătate) pe bază de aluminiu oxidat anodic şi s-au obţinut pînă în prezent rezistenţe de izolaţie de 10^2–10^3 V.

Sînt descrise apoi însuşirile (respectiv rezistenţa faţă de temperatura de 300°C) ale unei serii de izolanţi (ţesătură de sticlă, novomikaflex, aspasil etc.) utilizaţi la căptuşirea nuturilor (ancoşelor).

Privitor la lagăre, atît la cele de alunecare cît şi la cele de rostogolire, experienţele sînt încă în curs. Astfel la lagărele de alunecare se încearcă oţelul inoxidabil pe cărbune sintetic sau oţel pe oţel. La lagărele de rostogolire se încearcă ungerea cu apă.

În concluzie, se arată că s-au realizat modele de probă de 3,5 kW, 1 500 rot/min, care au funcţionat satisfăcător peste 1 300 h. Partea cea mai slabă s-a dovedit a fi chitul izolant de pe conductori, care trebuie ameliorat. Sînt create însă condiţiile esenţiale pentru realizarea unor motoare de curent trifazic de 10 kW.

Gh. C.

CZ 621.313.1 – 531.6 : 621.314.63

Lamb, C. St. J. **Motor de curent alternativ cu viteză variabilă fără comutator** (Commutatorless alternating – voltage – fed variable – speed motor). În: Proc. IEE, vol. **110**, nr. 12, dec. 1963, p. 2 221–2 227, 8 fig.

Se descrie un motor de curent alternativ, fără comutator, care poate fi folosit în curent mono sau polifazat. Viteza motorului poate fi variată fără să fie nevoie să se comute tensiuni înalte, curenţi puternici sau circuite foarte inductive. Maşina este un motor de curent continuu cu polii aşezaţi pe rotor. Inversarea curentului în bobinajul statoric se face prin redresoare cu siliciu (cu patru straturi $p-n-p-n$), care întrerup circuitul cînd curentul se apropie de zero. Pentru maşina descrisă, comanda redresoarelor cu siliciu se face totuşi printr-un comutator antrenat de aer, dar care are asupra comutatorului cu lamele obişnuit următoarele două avantaje: nu este străbătut de întreaga putere a maşinii, ci numai de cîţiva waţi; nu are lamele şi se apropie de tipul inele de contact. Autorul menţionează că acest comutator poate fi înlocuit prin diverse alte dispozitive mecanice sau optice.

Se dau parametrii constructivi ai maşinii executate ca prototip experimental la care nu s-a făcut nici un efort pentru optimalizare. Motorul a fost încercat numai la mers în gol, fără nici o încercare de cuplu. Pentru a obţine o variaţie a vitezei trebuie să se modifice viteza cîmpului învîrtitor statoric şi, pentru aceasta, comutatorul redresoarelor cu siliciu nu mai trebuie să fie antrenat de axul maşinii, ci de un mic motor auxiliar. În acest caz, rotorul maşinii poate fi un motor cu colivie de veveriţă.

Mai sînt date detalii şi considerente asupra posibilităţilo de grupare a bobinelor statorice şi a redresoarelor cu siliciu în vederea folosirii tensiunilor mai ridicate.

H. A.

CZ 621.314.2 *Transformatoare*

CZ 621.314.2.045.53 : 621.317.39 : 621.3.017.7

Tassicker, I. O. **Efectul inductanţei asupra măsurării temperaturii înfăşurărilor în fabrică** (Effect of inductance on the measurement of winding temperature in electrical plant). În: Proc. Instr. electr. Engrs., **110**, nr. 2, febr 1963, p. 419–427.

Calcularea corectă a creşterilor de temperatură într-un transformator depinde de datele furnizate de măsurările făcute pe unităţile realizate anterior şi din această cauză metodele de măsurare şi relaţiile de corecţie trebuie să fie cît mai precise. În prezent, pentru măsurarea creşterii de temperatură a înfăşurărilor se determină variaţia rezistenţei ohmice. În cazul transformatoarelor de mică putere, metoda este precisă. Pentru cele mari, aplicarea metodei trebue, însoţită de o serie de corecţii care ţin seamă de efectele inductanţei înfăşurărilor, de constanţa de timp termică, de saturaţia circuitului magnetic şi de valoarea rezistenţei circuitului anterior. Pentru a evita erorile introduse de inductanţa transformatorului, este necesar ca valoarea curentului con-

tinuu de alimentare a circuitului măsurat să fie suficient de mare, pentru a produce saturarea circuitului magnetic. Mărimea rezistenței circuitului exterior se recomandă a fi de trei pînă la cinci ori mărimea rezistenței măsurate.

C.T.

CZ 621.314.2.045.53.013.24

Iohansen, I. și Riege H. **Evaluarea numerică a frecvențelor naturale** (Numerical Evaluation of Natural Frenquencies). În: Pow. App. and Systems., nr. 64, febr 1963, p. 760–764.

Stabilirea relațiilor pentru determinarea frecvențelor naturale ale înfășurărilor transformatoarelor prezintă mari dificultăți. Realizările obținute în trecut au aplicabilitate limitată. Autorii au reușit determinarea unor ecuații care permit calcularea frecvențelor naturale ale înfășurărilor pe baza datelor transformatorului, care sînt cunoscute sau pot fi ușor calculate. Ecuațiile determinate sînt valabile pentru transformatoare cu înfășurările de înaltă tensiune de tip continuu, la care raportul numărului de spire este mare. Verificarea ecuațiilor a fost făcută pe nouă transformatoare trifazice,cu rezultate satisfăcătoare, abaterile calculului față de măsurări pînă în limitele de ± 10%.

CZ 621.314.2.048.81/82.027.82

Norris, T. E. **Izolația transformatoarelor de putere de înaltă tensiune** (High-voltage power-transformer insulation). În: Proc. Instr. electr. Engrs, I.E.E., **110**, nr. 2, febr 1963, p. 428–439.

Creșterea tensiunilor de lucru ale transformatoarelor de putere spre și peste 500 kV, legată de creșterea puterilor pe unitate, ridică problema creșterii solicitărilor în materialele zolante, ceea ce presupune o cunoaștere precisă a comportării materialelor izolante (ulei, hîrtie, preșpan etc.) în noile condiții de lucru.

Din experiența autorului și din consultarea unui bogat material informativ rezultă concluziile:

— în condiții normale de funcționare, oxidarea uleiului și formarea nămolului nu au un rol deosebit; rigiditatea dielectrică a uleiului este practic infinită, valorile măsurate, mai mari sau mai mici, se datoresc impurităților; îmbătrînirea termică a hîrtiei duce la descompunerea acesteia; umezeala în izolația înfășurărilor este apreciabilă, dar nu influențează esențial rigiditatea dielectică a acestora; factorul de pierderi al hîrtiei impregnate cu ulei, prin el însuși, nu este un criteriu pentru aprecierea calității izolației; formulele pentru calculul îmbătrînirii termice, utilizate pînă în prezent, sînt relative și aplicabile numai în studii comparative; viața reală a transformatorului este mult mai lungă decît aceea rezultată din relațiile de calcul și nu este încă cunoscută.

În încheiere se fac aprecieri asupra modului mai eficient de protejare a izolației împotriva efectului de oxidare în timp.

C. T.

CZ 621.314.21.042.53.027.3

Brackmann, F. **Transformatoare de puteri mari și tensiuni înalte în construcție cu manta** (Hochleistungs — Hochstspannungs — Manteltransformatoren). În: Elektrie, nr. 10, 1963, p. 309–310.

Sînt descrise principalele caracteristici ale acestor transformatoare Shell. Astfel: bobine puține cu dimensiuni mari. Prin montarea verticală a bobinelor și implicit a canalelor de răcire se asigură o mai bună circulație a uleiului în sens vertical. Toate tolele au aceeași lățime și nu prezintă găuri pentru introducerea barelor de fixare, evitîndu-se astfel o deformare a fluxului, reducîndu-se zgomotul (bîzîitul). Cazanul de ulei înconjură bobinajul și circuitul magnetic, astfel că nu are numai rolul de recipient pentru ulei, ci și un rol activ ca rezistență în cazul solicitărilor de scurtcircuit.

Sînt arătate apoi avantajele acestei construcții limitate ca mărime doar de posibilitățile de transport. Un avantaj în plus al acestui transformator Shell îl constituie bobinajul „Diabolo", care este descris în principiu, relevîndu-i-se avantajele, de exemplu 8% pierderi adiționale la un transformator monofazic de 220 MVA, 400 kV.

În privința tendințelor de dezvoltare sînt amintite lucrările unor ingineri suedezi și sovietici în domeniul compensării curentului de încărcare. Prin legătura directă a bobinelor șunt de reactanță cu rețeaua de înaltă tensiune se obțin pierderile indicate în tabelă.

În încheiere sînt tratate progresele în domeniul izolației (benzile din material plastic, înlocuirea hîrtiei în ulei cu carton uscat) și măsurile luate în vederea reducerii zgomotului provocat de vibrațiile circuitului magnetic.

Gh. C.

CZ 621.315.6 *Izolanți*

CZ 621.315.615.2.001.4

Künzli, M. A.: **Controlul și aprecierea noilor sorturi de uleiuri de transformatoare** (Le control et l'éstimation de nouvelles huiles pour transformateurs). În: Rev. Browns Boveri, t. **49**, nr. 11–12, 1962, p. 610–621, 18 fig., 2 tab., 4 ref. bibl.

Pentru exploatarea de lungă durată a transformatoarelor se cer condiții de rezistență la îmbătrînire a uleiurilor de impregnare. Studiul accelerat al acestei îmbătrîniri se face prin imitarea în condiții mai severe a factorilor care determină îmbătrînirea.

Se admite, în general, că îmbătrînirea uleiurilor izolante se datorește modificărilor chimice ale unora dintre componenții lor. Procesul de oxidare se poate desfășura în feluri deosebite și depinde, în primul rînd, de componența uleiului, de condițiile de lucru și de materialele componente ale schemei de izolații a transformatorului. În articol se prezintă metoda de îmbătrînire a uleiurilor prin barbotarea oxigenului, propusă de CEI. Rezultatele obținute sînt comparate cu cele date de metoda elvețiană recomandată de ASE. Măsurarea pierderilor dielectrice (tg δ) este un factor eficient în aprecierea stării uleiului. Rezultatele arată că, creșterea tgδ este admisibilă cu maximum 20% pentru uleiurile acceptate a mai fi folosite. Se mai prezintă metode pentru îmbătrînirea artificială a uleiurilor cu inhibitori.

A. B.

CZ 621.316 *Rețele de distribuție*

CZ 621.316.997

Homberger. E. **Punerea la pămînt și conductele de apă în materiale izolante** (La mise à la terre et les conduites d'eau en matière isolante). In: Bull. ASE **54**, nr. 11, 1963, p. 421–422.

Datorită lungimii lor mari, conductele de apă realizate din fier sau fontă constituie buni electrozi care prezintă o rezistență de trecere la pămînt relativ mică. Pentru acest motiv, ele au fost folosite pentru punerea la pămînt a oricăror circuite electrice, pentru a face inofensivi curenții ce provin din defecte.

Folosirea din ce în ce mai frecventă a conductelor de apă, din material plastic face să se piardă acest avantaj important. În plus, se semnalează cazuri izolate de electrocutare în locurile în care se găsesc montate aceste conducte. Cum numărul de conducte din materiale plastice va crește necontenit, se impune luarea unor măsuri care să permită o bună pămîntare a conductelor. Pentru rezolvarea acestei probleme se propune: îmbrăcarea tuburilor de apă, din materiale izolante, cu cămăși de metal care să permită o legătură conductoare continuă sau să se folosească învelișul metalic al cablurilor de curenți tari, pentru punerea la pămînt. Legat de aceste probleme, se impune studierea mai amănunțită a măsurilor anticorosive ce trebuie luate pentru a realiza o protecție bună a metalelor.

Fl. T.

CZ 621.316.54.001.5

Parvanov, P. şi Weddel, H. M. **Despre comportarea benzilor flexibile drepte la trecerea curenţilor intenşi** (Über das Verhalten gerader flexibler Bänder beim Durchgang grosser Ströme). În : Elektrie, nr. 8, 1963, p. 253—258, 8 fig., 3 tab., 6 diagr.

Faţă de trecut, cînd benzile de legătură ale contactelor mobile din întreruptoare erau limitate în durata lor de exploatare doar de eforturile mecanice la anclanşare şi declanşare, astăzi — cînd puterile din reţele au crescut considerabil — intervin solicitări sporite în aceste benzi datorită forţelor electrodinamice care rigidizează mănunchiul de benzi. Autorii prezintă formulele cunoscute în literatură ale forţelor de atracţie între benzi, trecînd progresiv de la două conductoare simple la două benzi şi apoi la mai multe benzi paralele. Se trece apoi la starea de mişcare (încovoiere) a mănunchiului de benzi, ţinîndu-se seamă atît de forţa de încovoiere, cît şi de forţele de frecare între benzi (în timpul încovoierii) ajungîndu-se la formula definitivă pentru forţa F necesară mişcării unui astfel de mănunchi. Este descris şi un dispozitiv de experimentare care dovedeşte justeţea formulelor respective. Forţele dintre benzile unui mănunchi sînt măsurate cu ajutorul benzilor de alungire şi al amplificatoarelor cu unde purtătoare.

Concluziile deduse din experienţele executate şi din diagramele construite sînt :

— se recomandă benzi cît mai subţiri pentru a menţine în limite reduse forţele electrodinamice ;

— forţa necesară pentru îndoirea mănunchiului (pachetului) de benzi este independentă de lungimea acestuia.

La construcţiile noi de întreruptoare se poate aprecia, în baza consideraţiilor arătate, dacă rigidizarea atinge limite exagerate, iar forţele de anclanşare pot fi adoptate gradului de rigidizare a pachetului de benzi.

GL. C.

CZ 621.318. 1/3 *Materiale magnetice. Magneţi. Electromagneţi*

CZ 621.318.4.024.001.24

Man-Ilmenan, I. **Contribuţie la calculul electromagneţilor de curent continuu** (Zur Berechnung von Gleichstrommagneten). În : Elektrie, nr. 9, septembrie 1963, p. 277—279, 6 nomograme.

Deoarece calculul bobinajelor pentru magneţii de curent continuu se face, de obicei, la o densitate de curent de 200—300 A cm^{-2}, controlul de încălzire arată, în general, că alegerea densităţii de curent a fost greşită. Din fluxul magnetic şi din densitatea de curent admisă pentru o anumită încălzire, autorul dezvoltă o relaţie care permite un calcul precis al secţiunii de bobină şi deci al mărimii magnetului.

Sînt date pe rînd formulele pentru flux, densitatea curentului şi pierderile din bobină, arătîndu-se că fluxul se calculează pentru tensiunea minimă, la care magnetul trebuie să dea încă forţa cerută. Pe de altă parte, la calculul încălzirii bobinei se are în vedere tensiunea maximă.

Ţinîndu-se seamă de cele relatate, este dedusă formula pentru pierderile bobinei în care (la magneţii de curent continuu) pentru flux se consideră valoarea pătrată medie.

În scopul obţinerii densităţii de curent şi a secţiunii bobinei sînt indicate atît formulele acestor două mărimi — în funcţie de cele arătate — cît şi două nomograme (una pentru densitatea curentului, alta pentru reacţiunea bobinei) cu explicaţia utilizării lor. Atît în formule, cît şi în nomograme se ţine seamă de un anumit coeficient de trecere a căldurii α, de temperatura maximă înconjurătoare (35°C) şi de o rezistenţă specifică a cuprului, indicată într-o formulă de către autor.

Gh. C.

CZ 621.318.3 :621.318.4

Woinarowski, Z. **Magneţi de tracţiune cu bobinajul din aluminiu** (Zugmagnete mit Spulenwicklungen aus Aluminium). În : Elektrie, nr. 10, 1963, p. 343, 1 fig. 2 tabl.

În multe cazuri, folia de aluminiu poate înlocui cu succes sîrma rotundă de cupru — şi aceasta fără schimbarea sîmburelui — atunci cînd este vorba de transformatoare sau bobine de self. Este descrisă astfel în amănunt construcţia unui magnet de frînă, la care sîrma de cupru cu diametrul de 1,2 mm a fost înlocuită cu bandă de aluminiu de 0,02 mm grosime şi 80 mm lăţime, utilizîndu-se în cazul aluminiului o izolaţie de hîrtie pentru condensatoare. Factorul avantajos de umplere a permis ca în spaţiul rezervat bobinajului de cupru să încapă foliile de aluminiu cu valori electrice egale. Bobinele au fost îmbibate cu răşină epoxidică şi acoperite cu făină de cuarţ. Celelalte amănunte constructive sînt date într-o tabelă.

Anumite dificultăţi au provocat legarea foliilor de 0,02 Al la bornele de racord. S-a recurs la racordul prin nituri. Într-o altă tabelă sînt arătate apoi însuşirile termice ale magnetului în cazul cuprului şi al aluminiului (pierderi, conductibilitate termică, încălzirea calculată din rezistenţă şi măsurată cu termometrul etc.).

Sînt arătate apoi avantajele bobinajului cu folii de aluminiu : factorul de umplere ridicat, înlocuirea cu aluminiu fără schimbarea sîmburelui, rezistenţa mecanică mai ridicată, simplificarea operaţiei de bobinaj etc.

Articolul se încheie arătînd cîteva dezavantaje ale bobinajului de aluminiu (dificultatea racordării capetelor de bobinaj, necesitatea îmbibării izolaţiei) care nu pot înlocui bobinajele de cupru cu diametrul sub 0,8 mm.

Gh. C.

CRONICĂ

CZ 621.314.223 ; 621.314.2.027.7/8

Comunicări cu privire la autotransformatoare şi transformatoare de mare putere şi înaltă tensiune [1]

În intervalul decembrie 1962 — ianuarie 1963 au avut loc la Paris, la sediul Societăţii franceze a electricienilor, o serie de şedinţe în cadrul cărora s-au făcut numeroase comunicări cu privire la autotransformatoare şi transformatoare de mare putere şi înaltă tensiune.

Reactualizarea autotransformatoarelor sub forma marilor autotransformatoare a făcut în Franţa obiectul a numeroase publicaţii, în special în perioada 1958—1960, după introducerea elementelor monofazate de 100 MVA pe reţeaua de 380 kV între Alpi şi Paris. De la grupul de trei autotransformatoare monofazate de 100 MVA s-a trecut azi la grupul de 250—300 MVA.

În şedinţele care au avut loc nu s-au mai examinat problemele generale (ca avantajele şi inconvenientele lor), ci s-a prezentat situaţia la zi a anumitor probleme teoretice şi tehnice pe care le pune folosirea autotransformatoarelor, cum ar fi, de exemplu, efectele scurtcircuitelor şi transmiterea supratensiunilor între diferitele înfăşurări ale autotransformatorului.

În cadrul şedinţelor au fost prezentate următoarele comunicări : Asupra schematizării autotransformatoarelor în regim echilibrat şi în regim neechilibrat ; Probleme de comportare la scurtcircuit a autotransformatoarelor ; Repartiţia tensiunii în autotransformatoare în caz de defecte pe reţelele racordate ; Aplicaţia la alegerea tensiunii de încercare ; Eforturi electrodinamice de scurtcircuit în transformatoarele antiexplozive, cu bobinaje dreptunghiulare alternate ; Delimitări în construcţia marilor transformatoare ; Probleme de izolaţie şi de rezistenţă la scurtcircuite a înfăşurărilor terţiare ale transformatoarelor de in-

terconexiune ; Izolaţia solidă şi aplicarea ei la marile transformatoare ; Aplicaţii de tensometrie la determinarea cuvelor.

În prima comunicare, autorul *Fr. Cahen* a reamintit că întrebuinţarea autotransformatoarelor pentru legătura între reţele de tensiuni foarte înalte permite majorarea puterii specifice, reduce preţul de cost specific şi pierderile şi îmbunătăţeşte repartiţia sarcinilor între reţelele de tensiuni diferite, legate în paralel. Ele au însă inconvenientul de a mări curentul de scurtcircuit. Pentru a calcula aceşti curenţi este necesar ca autotransformatoarele trifazate să fie reprezentate prin schemele lor echivalente. Autorul prezintă şi justifică schemele echivalente directă (inversă) şi homopolară a autotransformatoarelor trifazate simple şi a autotransformatoarelor cu înfăşurare terţiară independentă, cu şi fără impedanţă între punctul neutru şi pămînt.

Metoda de stabilire a schemelor echivalente constă în a substitui autotransformatorului real un transformator fictiv cu înfăşurări separate, ale cărui constante se exprimă în funcţie de constantele intrinsece rezistente (inductanţe proprii şi inductanţă mutuală) ale aparatului.

Comportarea la scurtcircuit a autotransformatoarelor a făcut obiectul mai multor comunicări.

Pornind de la premisa că, în special, din cauza reactanţei mai slabe, autotransformatoarele sînt, de regulă, supuse unor curenţi de scurtcircuit mai mari decît aceia din transformatoarele corespunzătoare, ing. *M. F. Salgues* a demonstrat că această situaţie se nuanţează în funcţie de diverşi factori, ca : influenţa favorabilă a impedanţei reţelei, existenţa înfăşurării de compensaţie, izolaţia neutrului şi saturaţia eventuală a circuitului magnetic.

Autorul a examinat aceste aspecte, începînd cu scurtcircuitele polifazate şi abordînd apoi cazul mai complex al scurtcircuitelor între o fază şi pămînt. În comunicare sînt date rezultatele calculelor pentru două tipuri de autotransformatoare folosite în reţelele franceze : 15/20 kV şi 380/225 kV.

Tensiunile de dezechilibru care apar în caz de defecte pe reţelele racordate sau în regim tranzitoriu se repartizează asupra înfăşurărilor ; cînd acestea din urmă sînt cuplate în autotransformator, repartiţia prezintă particularităţi interesante, datorită legăturii directe dintre înfăşurările serie şi derivaţie.

În special, dacă la legătura în stea neutrul înfăşurării derivaţie rămîne izolat, un curent homopolar poate să circule în înfăşurarea serie, dînd naştere la supratensiuni importante.

Acest fenomen a fost studiat şi expus în amănunt de *M. M. Monnet*, formulele stabilite permit să se prevadă măsurile necesare pentru a face faţă unor astfel de situaţii, adaptînd în mod corespunzător izolaţia tuturor înfăşurărilor.

Autorul dă indicaţii asupra realizării modelelor reduse şi asupra tensiunilor de încercare pentru autotransformatoare de 15/20 şi 225/380 kV, folosite în reţelele franceze.

În comunicarea despre eforturile electrodinamice la scurtcircuit în transformatoarele antiexplozive, cu bobinaje dreptunghiulare alternate, ing. *M. A. Paume* a făcut la început o descriere sumară a acestor transformatoare. Folosind o metodă simplă de calcul (metoda imaginilor) pentru determinarea componentelor axiale şi radiale a eforturilor de scurtcircuit la aceste transformatoare, autorul a arătat că, în comparaţie cu aparatele clasice cu coloane, transformatoarele studiate suportă eforturi electrodinamice mult mai mici (la aceasta contribuie în mare măsură alternarea bobinelor de joasă şi înaltă tensiune). În plus, eforturile sînt totdeauna transmise prin suprafeţe mari, astfel că, în general, presiunile sînt relativ mici.

Pe de altă parte, dacă se iveşte necesitatea, există un mijloc foarte simplu de a reduce solicitările electrodinamice : majorarea numărului de grupe de bobine de joasă şi înaltă tensiune.

Examinînd problemele de izolaţie şi de rezistenţă la scurtcircuite, a înfăşurărilor terţiare ale autotransformatoarelor sau ale transformatoarelor de interconexiune, *M. Y. Tournier* precizează că înfăşurările terţiare trebuie definite din trei puncte de vedere, şi anume :

— puterea nominală de încălzire în regim continuu ;

— puterea corespunzătoare rezistenţei la eforturile electrodinamice ce iau naştere în cazul unui defect între fază şi pămînt, în reţelele de înaltă tensiune ;

— tensiunea nominală a izolaţiei (amplitudinea supratensiunilor transmise de înfăşurările principale trebuie să fie inferioară tensiunii de încercare a înfăşurării).

Autorul preconizează că protecţia înfăşurării terţiale trebuie să fie asigurată prin :

— separarea fazelor cu ajutorul unor despărţituri metalice şi prin suprimarea eclatoarelor de protecţie ;

— în cazul cînd separarea integrală nu este posibilă, este necesară adăugarea unor reactanţe exterioare sau interioare triunghiului ;

— în ambele cazuri, prevederea unei protecţii de masă cu acţiune rapidă a reţelei terţiare şi o protecţie prin paratrăsnete contra supratensiunilor.

Examinînd parametrii care determină dimensionarea autotransformatoarelor şi transformatoarelor de mare putere şi înaltă tensiune, precum şi evoluţia lor, ing. *M. B. Hochart* a încercat să stabilească unele delimitări în construcţia acestor aparate. În cadrul limitelor admise actualmente, în ceea ce priveşte greutatea şi gabaritul (impuse de mijloacele de transport), precum şi procentul de pierderi (limitat de considerente economice), autorul — după ce scoate în relief avantajele puterilor unitare mari — studiază posibilitatea de a dubla actuala putere a marilor transformatoare, prin majorarea inducţiei sau prin dublarea densităţii de curent. Conchide că în viitor va trebui să se recurgă la exploatarea altor fenomene fizice, dintre care unele cunoscute, care să ofere şi suficiente avantaje economice.

Izolaţia solidă şi aplicarea ei la marile transformatoare au fost examinate de ing. *M. M. Mallandin*, pornindu-se de la premisa că realizarea marilor transformatoare este mai ales o problemă de izolaţie.

După ce trece în revistă proprietăţile dielectrice ale uleiului şi hîrtiei, autorul arată avantajele izolaţiei solide compusă din straturi subţiri de ulei şi de hîrtie, formînd un bloc omogen (ca la cablurile de înaltă tensiune) ; dă apoi indicaţii de ordin tehnologic în privinţa acestei izolaţii, insistînd asupra necesităţii deshidratării uleiului şi uscării hîrtiei, înainte de impregnare.

Întrebuinţarea acestei izolaţii solide a dus la o apreciabilă reducere a distanţelor de izolaţie, care a permis o dimensionare mai favorabilă, micşorarea pierderilor, a gabaritului şi a greutăţii marilor transformatoare, deci implicit a puterii limită transportabile.

În sfîrşit, într-o altă comunicare, ing. *M. G. Ducastel*, vorbind despre determinarea cuvelor marilor transformatoare şi autotransformatoare, a precizat că acestea trebuie să facă faţă din punct de vedere mecanic:

— la tratamentele termice în vid, pe timpul etuvării, către sfîrşitul fabricaţiei ;

— pe timpul transportului ;

— în exploatare, la eforturile electrodinamice de scurtcircuit.

Calculul complet al acestor cuve, din punctul de vedere al rezistenţei materialelor, este o problemă complicată. O metodă de calcul constă, practic, în descompunerea sistemului complet, în elemente simple, static determinate. Pentru controlul experimental al calculelor, autorul recomandă măsurări tensome-

trice, cu ajutorul etaloanelor de solicitări cu rezistențe electrice, care se intercalează într-o punte electrică. Rezultatele obținute pe cuve în mărimea reală se compară cu cele găsite pe machete.

Se indică două tipuri de punți de măsurare și se dau indicații pentru a asigura precizia determinărilor.

În ansamblu, aceste comunicări pot fi de un real folos proiectanților și întreprinderilor de specialitate.

Bibliografie

[1] Bulletin de la Soc. fr. des ingénieurs. Tome IV, nr. 42/1963, p. 320—324, 335—351 și nr. 44/1963, p. 417—444.

Ing. **A. Bădescu**

CZ 62 : 061.3 : 621.3(498.11)

Cea de-a opta sesiune științifică de comunicări a cadrelor didactice de la Institutul politehnic — București

În zilele de 22 și 23 februarie 1964 a avut loc la Institutul politehnic — București cea de-a opta sesiune de comunicări științifice a cadrelor didactice. În cadrul ședinței de deschidere — după cuvîntul introductiv al rectorului institutului, prof. univ. ing. *Constantin Dinculescu*, membru corespondent al Academiei R.P.R. —, a urmat comunicarea: „Nivelul productivității muncii din industria R.P.R., în comparație cu nivelul din alte țări", prezentată de conf. *Ion Grădișteanu*, candidat în științe economice.

Lucrările sesiunii s-au desfășurat în cuprinsul a opt secții de specialitate, în care au fost prezentate peste 250 comunicări științifice. Dintre acestea, 35 de lucrări s-au referit la probleme de electrotehnică, energetică, mașini și aparate electrice și măsuri electrice.

Astfel, în secția VII — electrotehnică-energetică — s-au prezentat 20 de lucrări, iar în secția VIII — măsuri și aparate electrice și măsuri electrice — au fost comunicate 15 lucrări.

În secția „electrotehnică-energetică" s-au prezentat următoarele lucrări:

1. Acad. prof. dr. *R. Răduleț* și șef de lucrări *C. Mocanu*: „Aproximații pentru efectele de margine și de proximitate ale barelor plate la refulare netă a curentului". Considerînd că la efect pelicular cîmpul magnetic are numai o componentă tangențială la suprafața conductoarelor, se studiază, utilizînd reprezentări conforme pentru exteriorul barelor, efectul pelicular și efectul de proximitate în barele de secțiune eliptică și dreptunghiulară.

2. Acad prof. dr. *R. Răduleț*: „Aproximații în teoria curenților induși în șarja cuptoarelor de inducție fără fier". În condițiile regimului cvasistaționar se studiază aproximațiile existente și se propune o nouă aproximație pentru calculul factorilor de formă ai șarjelor cuptoarelor de inducție fără fier.

3. Conf. *A. Țugulea*, cand. în științe tehnice și conf. *A. Timotin*, cand. în științe tehnice: „Asupra interpretării electrodinamicii Maxwell—Hertz în lumina teoriei relativității". Se analizează ecuațiile Mxwel—Hertz ale electrodinamicii prerelativiste ale mediilor în mișcare din punctul de vedere al invariantei la schimbarea sistemului inerțial de referință, folosindu-se metodele introduse în teoria relativității restrînse. Apoi se analizează diferența dintre ecuațiile Maxwell—Hertz și ecuațiile electrodinamicii relativiste în aproximația vitezelor mici față de viteza luminii în vid, arătîndu-se utilitatea tehnică a celor studiate.

4. Conf. *A. Țugulea*, candidat în științe tehnice, „Considerații privind determinarea frecvențelor proprii la unele tipuri de magnetroane". Întrucît calculul frecvențelor proprii la unele tipuri de magnetroane revine la calculul unor capacități, se arată, exemplificîndu-se pe un planotron și pe un magnetron cilindric cu grilă, cum se pot încadra aceste frecvențe proprii între limite apropiate prin încadrarea valorilor capacităților corespunzătoare.

5. Conf. *M. Preda*, cand. în științe tehnice și asist. *P. Cristea*: „Generalizarea unor teoreme din teoria rețelelor electrice pentru ansambluri de multipoli activi". Se prezintă sinteza matricei impedanțelor de transfer și rezolvarea sistemelor de subsisteme. Se generalizează teoremele Thévenin și Norton pentru ansambluri de multipoli activi, stabilindu-se ecuații matriciale generale care extind metodele curenților de contur și ale potențialelor nodurilor.

6. Acad. prof. dr. *R. Răduleț*: „Teoria celor mai simple scheme echivalente generale ale unei rețele în raport cu o latură a sa". Se indică modul general de întocmire a schemelor echivalente pentru rețele electrice prevăzute cu elemente liniare.

7. Prof. *C. Dinculescu*, membru corespondent al Acad. R.P.R., conf. *G. Drăgan*, candidat în științe tehnice și ing. *I. Adămuț* de la Institutul de energetică al Acad. R.P.R.: „Considerații asupra coordonării izolației instalațiilor electroenergetice de înaltă tensiune". Se analizează coordonarea izolației din punctul de vedere al supratensiunilor interne și atmosferice; problema scării de tensiuni nominale și maxime; coordonarea izolației sistemelor electrice, ținîndu-se seamă de caracterul aleatoriu, al fenomenelor ce intervin în exploatare.

8. Acad. prof. dr. *R. Răduleț* și șef lucrări *C. Mocanu*: „Calculul în aproximații diferite ale curenților de refulare netă în corpuri prismatice imobile". Se determină și se compară cu date experimentale rezultatele obținute prin două tipuri de aproximații în calculul curenților de refulare netă în conductoare prismatice imobile, apoi se interpretează eficacitatea aproximațiilor utilizate și se arată utilitatea lor practică.

9. Conf. *M. Preda*, cand. în științe tehnice: „Contribuții la transfigurarea circuitelor conținînd transformatoare ideale". Se prezintă o metodă generală de calcul luîndu-se în considerație diferențele existente între rapoartele de transformare ale transformatoarelor conectate la aceeași rețea electrică.

10. Conf. *M. Preda*, cand. în științe tehnice: „Asupra aplicării metodei operaționale în cazul circuitelor cu condiții inițiale oarecare".

11. Conf. *A. Țugulea*, cand. în științe tehnice: „Efectul ecranelor electromagnetice cilindrice asupra forțelor electrodinamice". Se determină reducerea forțelor electrodinamice ce se exercită între conductoare paralele și filiforme în prezența unor ecrane electromagnetice cilindrice de grosime redusă, arătîndu-se aplicabilitatea considerațiilor teoretice în cazul barelor izolatoare ecranate din stații și centrale electrice.

12. Șef lucrări *C. Nemoianu* și conf. *A. Timotin*, cand. în științe tehnice: „Efectul pelicular în plăci de conductivitate diferite în contact cap la cap".

13. Asistent *P. Cristea*: „Studiul amorsării oscilațiilor într-un circuit incluzînd o neliniaritate în bucla de reacție".

14. Conf. *M. Preda*, cand. în științe tehnice și asistent *F. Spinei*: „Forme generale de interconexiune ale rețelelor fictive corespunzătoare sistemelor de componente utilizate în studiul rețelelor trifazate". Se analizează sistematic transformarea impendanțelor rețelelor fictive și a schemelor de interconexiune pentru sisteme de componente arbitrare. Aplicîndu-se teorema generală a transfigurărilor electrice se deduce o formă generală a schemei de interconexiuni a rețelelor fictive, valabilă pentru rețele cu un număr oarecare de nesimetrii parțiale și un sistem de componente arbitrare.

15. Conf. *Arie A. Arie*: „Determinarea circulațiilor de curenți și a căderilor de tensiune pe o linie electrică din care se alimentează *n* locomotive echipate cu redresoare". Se stabilește o metodă de calcul prin care se pot determina curenții și căderile de tensiune în cazul considerat. Totodată se deduce o ecuație matricială generală prin care se exprimă fenomenul în totalitatea lui în toate perioadele de comutare și redresare, indicîndu-se și metoda de stabilire a condițiilor inițiale.

16. Conf. *A. Timotin*, cand. în științe tehnice: „O metodă de iterație pentru determinarea factorului de creștere a rezistenței în curent alternativ pentru conductoare de secțiune dreptunghiulară".

17. Conf. *A. Țugulea*, cand. în științe tehnice: „Cîteva exemple de sinteze de cîmp magnetic". Se studiază modul în care trebuie repartizată solenația în absența și în prezența unor medii feromagnetice pentru a obține o anumită repartiție paraxială a cîmpului magnetic în dispozitivele de optică electronică sau de tehnica focalizării fasciculelor de particule în acceleratoare.

18. Șef lucrări *Florin Manea* și conf. *M. Preda*, cand. în științe tehnice: „Calculul matricei de impedanțe pe baza

sintezei topologice a rețelelor electrice". Pornind de la matricea de impedanță a arborelui rețelei care se scrie direct — se stabilește rutina de calcul a matricei de impedanță rezultată în urma adăugării succesive și ordonate de noi ramuri ce determină buclele independente ale rețelei. Se analizează în două variante schemele logice și programele de calcul pentru calculatoarele cifrice existente (CIFA).

19. Asp. ing. *Anton Vlazec*: „Influența structurii consumului de căldură asupra căldurii livrate în termoficare și asupra coeficientului de termoficare".

20. Asp. ing. *Anton Vlazec*: „Metodă de calcul pentru *Yanual mediu* pentru grupurile de termoficare urbană".

În Secția „Mașini și aparate electrice, măsuri electrice" s-au prezentat 15 lucrări, dintre care se amintesc următoarele:

1. Acad. prof. *I. S. Gheorghiu*, om de știință emerit, conf. *C. Apetrei*, cand. în științe tehnice, șef lucrări *C. Bîlă*, cand. în științe tehnice, conf. *C. Lazu*, șef lucrări *N. Ștefănescu*, asistent *I. Bahorin*, asistent *N. Galan*, asistent *A. Fetița*, asistent *A. Diculescu* și asistent *S. Bucurenciu*: „Încercări directe ale transformatoarelor de putere la scurtcircuit". Se prezintă rezultatele experimentale asupra forțelor electrodinamice ce se produc la transformatoarele de putere în regim de scurtcircuit net. Se dau schemele de încercare a transformatoarelor de producție curentă 100—1600 kVA în scopul determinării construcției acestor aparate pentru a rezista în diferite condiții de exploatare.

2. Conf. *M. Sand*, cand. în științe tehnice, conf. *D. Niculescu*, conf. *A. Fransua*, cand. în științe tehnice și asist. *A. Fetița*: „Determinarea experimentală a caracteristicilor micromotoarelor electrice". Se prezintă principiile de funcționare și construcțiile a două dispozitive originale de determinare experimentală directă a caracteristicilor mecanice ale micromotoarelor electrice. Se arată cum se calculează exact cuplul electromagnetic și cuplul util apoi se analizează influența dispozitivului de încărcare a motorului asupra pierderilor mecanice reale din micromotoarele electrice.

3. Conf. *A. Fransua*, cand. în științe tehnice și conf. *M. Sand*, cand. în științe tehnice: „Cu privire la ecuațiile de funcționare ale amplificatoarelor magnetice". Se prezintă, după o expunere critică a metodelor indicate în literatură, o metodă nouă mai riguroasă, de deducere a ecuațiilor de funcționare și a caracteristicilor amplificatoarelor magnetice cu reacție interioară și exterioară. Rezultatele experimentale obținute se compară cu cele din literatură și se indică utilitatea și importanța metodei propuse pentru studiul amplificatoarelor magnetice în vederea proiectării seriilor unitare.

4. Conf. *Gh. Hortopan*: „Analizor pentru cercetarea supratensiunilor de comutație". În continuarea unei lucrări anterioare, în care s-au expus bazele teoretice ale modelului dinamic de rețea, cu ajutorul căruia se cercetează supratensiunile de comutație, în lucrare se descrie construcția unui analizor tranzistorizat. Se dau oscilogramele obținute cu analizorul construit și se expune programul de viitor.

5. Conf. *P. Sonea*: „O metodă diferențială pentru măsurarea formei și amplitudinii vibrațiilor mecanice". Se propune o metodă încercată de autor pentru măsurarea precisă a amplitudinii și formei vibrațiilor mecanice, folosindu-se un amplificator electronic diferențial și un traductor inductor. Se urmărește realizarea unui prototip cu scop metrologic.

6. Conf. *C. Popescu* și asist. *C. Lefter*: „Cercetări experimentale privind gradul de precizie al determinării de permitivități și (tgδ) pentru materiale electroizolante". Se prezintă o serie de rezultate privind măsurarea permitivității și a (tg δ) pentru diferite materiale electroizolante obținute în cadrul laboratorului de „materiale electroizolante" din I.P.B. cu ocazia ciclului de măsurări comparative la care au participat reprezentanții unor laboratoare din industrie. S-au propus măsuri practice care trebuie adoptate pentru obținerea unor rezultate cît mai corecte.

7. Asistent *A. Cotta*: „Calculul, construcția și tehnologia de fabricație a colectoarelor cu inele de bandaj". Se analizează problema dimensionării colectoarelor cu inele de bandaj și se prezintă rezultatele practice obținute în acest sens la uzina de mașini electrice din București.

8. Șef lucrări *V. Panaite*: „Factorul de scăpări și factorul de dispersie la electromagneții de acționare". Pe baza unor scheme echivalente ale electromagneților se deduc relațiile generale de calcul pentru diferite tipuri de electromagneți tip *E*, tip *U*, tip *T* atît cu mișcarea de translație a armăturii, cît și cu mișcarea de rotație. Se scot în evidență trei factori diferiți de scăpări, se indică rolul fiecăruia și formulele de calcul.

9. Asist. *R. Tomoiagă*, asist. *Eliza Engher* și șef lucrări *Gh. Cosmin*: „Contribuții la calculul încălzirii bobinelor electromagneților de curent alternativ". Pe baza încercărilor experimentale în care s-au măsurat încălzirile unui mare număr de bobine de diferite dimensiuni, execuții și forme constructive, a fost determinată influența materialelor folosite, a tipului de înfășurare, a izolației între straturi și a materialelor de impregnare, stabilindu-se coeficienții care corectează metoda din literatură, înlesnind determinarea cu suficientă precizie a încălzirii bobinelor electromagneților de curent alternativ.

10. Șef lucrări *G. Cosmin*, asist. *R. Tomoiagă* și asist. *Eliza Engher*: „Uzura electrică a pieselor de contact la contactoarele cu funcționare în ulei". Se prezintă stadiul cunoscut din literatură privind factorii care influențează rezistența la uzură electrică a pieselor de contact cu funcționare în ulei și se arată contribuțiile aduse, cum și rezultatele experimentale obținute asupra contactoarelor de 63 și 100 A.

11. Asist. *E. Nicolescu*: „Influența înclinării axiale a crestăturii indusului mașinilor cu poli aparenți asupra caracteristicilor de magnetizare".

În jurul lucrărilor prezentate s-au purtat discuții susținute analizîndu-se fondul comunicărilor, legătura lor cu practica, aspectele originale, precum și utilitatea lor imediată sau viitoare în proiectarea și exploatarea instalațiilor electroenergetice. În majoritatea lor, lucrările prezentate sînt interesante, abordează probleme tehnice noi sau aproape noi, fie cu aplicație curentă, fie cu caracter teoretic sau experimental, a căror aplicare în producție este de domeniul viitorului, constituind o rezervă științifică de perspectivă. Unele probleme tratate au antrenat colective largi, cuprinzînd cadre de specialitate valoroase vîrstnice și tinere. Comunicările prezentate au cuprins o varietate mare de probleme, dintre care unele cerute de producție, s-au realizat pe bază de colaborare cu industia și urmează a se aplica în practică integral sau parțial.

După terminarea comunicărilor pe secții a avut loc încheierea lucrărilor sesiunii științifice.

În ședința de închidere, prof. univ. *C. Dinculescu*, membru corespondent al Academiei R.P.R., rectorul Institutului politehnic din București, a prezentat un raport asupra desfășurării sesiunii de comunicări, subliniind o serie de concluzii dintre care menționăm:

— Sesiunea a VIII-a de comuncări s-a desfășurat la un nivel mai ridicat decît alte sesiuni, atît prin valoarea lucrărilor prezentate, cît și prin nivelul discuțiilor purtate.

— Sesiunea a constituit un prilej de afirmare a cercetării științifice, deoarece a scos în evidență potențialul ridicat de care dispunem în prezent în institut, datorită condițiilor din ce în ce mai bune create de partid și guvern cadrelor de cercetare din institutele de învățămînt superior.

— Se constată aportul tot mai accentuat al tinerelor cadre care, fie singure, fie alături de cadrele didactice cu experiență, au realizat lucrări cu fond valoros.

— Un număr tot mai mare de probleme, luate spre cercetare, sînt culese din producție și se realizează, fie în colaborare cu participarea inginerilor din fabrici și uzine, fie numai cu cadrele didactice din institut pe bază de contract. Astfel se înlesnește introducerea cercetărilor științifice pe o cale mai directă în practica de proiectare, construcție și exploatare a echipamentelor necesare întreprinderilor industriale.

— Se impune cu necesitate îndreptarea cercetării științifice pe linia începută, cu recomandarea concentrării forțelor pe problemele majore ale practicii, pentru că astfel se pot obține rezultate valoroase de care are nevoie mersul înainte al țării noastre pe drumul desăvîrșirii construcției socialiste.

Ing. *A. Carabulea*

Tîrgul de primăvară de la Leipzig, 1964

Între 1 şi 10 martie 1964 a fost organizat la Leipzig tradiţionalul Tîrg de primăvară, sub lozinca „Progresul tehnic în slujba comerţului liber internaţional". Cu această ocazie s-a înregistrat cea de-a 799-a organizare din istoria tîrgurilor internaţionale de la Leipzig. Au participat organizaţii comerciale şi firme producătoare din 63 de ţări, experţi şi oameni de afaceri din 90 de ţări ale lumii. Ca şi în anii trecuţi, tîrgul din primăvara acestui an, urmînd tradiţia îndelungată, s-a caracterizat prin a fi un tîrg al industriei constructoare de maşini. Drept caracteristici generale ale exponatelor din primăvara acestui an se remarcă : posibilităţile de automatizare a proceselor tehnologice ţinîndu-se seamă de gradul de rentabilitate ; extinderea cîmpului de întrebuinţare a maşinilor-unelte obişnuite prin folosirea unor dispozitive anexe şi prin posibilitatea automatizării lor ; posibilitatea transformării maşinilor simple în elemente pentru benzi automate.

Cea mai mare parte din suprafaţa tîrgului a fost ocupată de pavilioanele ţărilor socialiste : Uniunea Sovietică, R.P. Bulgaria, R.S. Cehoslovacă, Cuba, R.S.F. Jugoslavia, R.P. Polonă, R.P. Ungară. Larg reprezentate (prin expoziţii sau birouri de informaţii) au fost şi numeroase firme din ţările occidentale ca : S.U.A, Anglia, Franţa, Germania occidentală. De asemenea, participarea statelor din Africa, Asia şi America Latină a fost mai mare decît în anii precedenţi.

Pavilioanele importante ale tîrgului au prezentat produse ale industriei constructoare de maşini şi utilaje, chimice, electrotenice şi ale industriei aparatelor de măsură.

Produsele prezentate de ţările socialiste au atras atenţia vizitatorilor prin înalta calitate şi larga lor varietate. Printre acestea au fost maşinile-unelte cu programare electronică şi agregatele automate din pavilionul Uniunii Sovietice.

Ţara gazdă, R.D. Germană, a expus un mare număr de produse de o largă varietate — de la instalaţii industriale complexe pînă la aparatele optice ale uzinelor Zeiss. A expus 400 de produse ale industriei de mecanică de precizie. Printre alte produse pe care le-a expus, a fost şi un nou automat de contabilizare înzestrat cu dispozitiv de perforat cartoteci.

Tendinţa de mecanizare, automatizare şi modernizare care se observă la exponatele tîrgului de primăvară de la Leipzig are ca scop fabricarea produselor cu cea mai mare precizie posibilă, cu minimum de efort şi cu maximum de randament.

Pavilionul Republicii Populare Romîne s-a evidenţiat prin numeroasele produse noi ale industriei constructoare de maşini, pe care le-a cuprins. La intrarea în pavilion au fost expuse un grup de maşini-unelte pentru prelucrarea metalelor, printre care : strungul carusel, cu diametrul de 1 520 mm, freza universală FU—1, strungul SN—320 etc. Printre exponatele ţării noastre au mai putut fi văzute maşini pentru prelucrarea lemnului, maşini textile, camioane, tractoare U—65 şi altele. Un viu interes a trezit microscopul universal de cercetare MC—1, care a fost apreciat pentru performanţele sale tehnice.

O impresie deosebită asupra vizitatorilor tîrgului a făcut-o instalaţia de foraj 3—DH—200 pentru forarea pînă la 5 000 m, căreia i s-a acordat medalia de aur la acest tîrg (realizare a colectivului uzinei „1 Mai" din Ploieşti). În pavilionul ţării noastre a fost expusă şi locomotiva Diesel electrică, construită de uzinele „Electroputere" — Craiova, în colaborare cu alte fabrici şi uzine din ţară.

Pavilionul romînesc, conceput în stil naţional, a fost vizitat zilnic de delegaţii guvernamentale, personalităţi politice, reprezentanţi ai diferitelor firme comerciale, cunoscuţi oameni de afeaceri, tehnicieni şi specialişti din diferite ţări ale lumii. Mulţi au apreciat în mod pozitiv podusele romîneşti. Astfel, un reprezentant al firmei belgiene „ACEC" şi-a manifestat mulţumirea faţă de calitatea maşinilor primite din Romînia. El a apreciat că maşinile prezentate sînt bine lucrate şi lasă o impresie deosebită. Specialiştii romîni, reprezentanţi ai diferitelor întreprinderi, au stat zilnic la dispoziţia vizitatorilor care cereau explicaţii detaliate asupra produselor noastre. S-au dus tratative şi s-au încheiat contracte comerciale.

Cu ocazia acestui tîrg s-a dovedit înalta calitate a produselor romîneşti şi potenţialul mereu crescînd al industriei ţării noastre.

Tîrgul de primăvară de la Leipzig din acest an se poate înscrie în rîndul manifestărilor paşnice ale tuturor ţărilor în slujba progresului tehnic şi a colaborării economice între state.

SCURTE ŞTIRI

Turbine de gaze. Gazele naturale sînt un excelent carburant pentru instalaţiile puternice de turbine. Oamenii de ştiinţă şi specialiştii sovietici muncesc în prezent la elaborarea unor asemenea agregate.

La uzina „Nevskaia" se construiesc turbine cu o putere de 6 şi 10 MW, destinate pentru staţiunile de compresoare ale conductelor de gaze. La aceste unităţi, căldura gazelor arse se foloseşte la preîncălzirea aerului pompat în camera de combustie.

O turbină de 50 MW se construieşte la Uzina de turbine din Harkov şi va fi instalată la una dintre uzinele termoelectrice.

La mai multe institute din Moscova şi Leningrad se elaborează în prezent construcţia unui model experimental industrial al turbinei economice cu gaze de o putere de 4 MW, care va lucra la 1 200°C. În mod original se rezolvă problema de răcire a paletelor şi a altor subansambluri ale acestei unităţi, cu ajutorul metalului lichid.

(Pravda, nr. 254, 11 septembrie 1963)

O uzină acţionată de flux. În golful Lumbovschi (peninsula Kola) se proiectează construirea în viitorul apropiat a unei uzine electrice mari, acţionată de flux. După calculele specialiştilor ea va putea debita sute de milioane de kWh pe an.

În ţinuturile nelocuite cu climă aspră, unde urmează a se construi această uzină, lucrează în prezent o expediţie complexă, formată din trei detaşamente : maritim, aviatic, şi de coastă. La expediţie participă cercetătorii Institutelor oceanografic şi hidroproiect din Leningrad.

(Pravda, nr. 254, 11 septembrie 1963)

În plină putere. In cinstea celei de-a 46-a aniversări a Marii Revoluţii Socialiste din Octombrie, la marea uzină termoelectrică din Siberia, U.R.E.S. „Tomi—Uşinskaia", s-a dat în funcţiune o turbină nouă de 200 MW. Aici s-a instalat primul cazan din U.R.S.S. cu flux direct de apă, care produce 640 t/h. Turbina uriaşă lucrează în plină sarcină.

(Izvestia, nr. 239, 8 octombrie 1963)

O lucrare unică. Pentru prima dată în practica mondială, la uzina metalurgică din Novo-Kramatorsk, s-a executat cel mai mare arbore pentru turbina UHE Krasnoianskaia. Greutatea arborelui sudat, gigant este de 113 000 kg. Arborele acesta, în mod practic, nu poate fi realizat dintr-o piesă unică forjată. De aceea, patru părţi forjate au fost îmbinate între ele prin sudură electrică sub zgură. Sudura arborelui, lung de 10 m., a fost executată pe un agregat special cu capetele dublate.

(Izvestia, nr. 138, 6 octombrie 1963)

O uzină electrică într-o stîncă. În masivul stîncos Smoleanaia Varaka de pe peninsula Kola se construieşte o uzină subterană. Ea este construită de firma finlandeză „Imatran Voima", după un proiect elaborat de „Lenhidroproiect". Aceasta va fi cea mai mare UHE în extremul nord, şi va intra în sistemul energetic unic al părţii europene a U.R.S.S.

În apropierea UHE se va forma un lac artificial de circa 745 km², cu o capacitate de circa patru miliarde metri cubi. Pescarii din regiunea Murmansk vor avea un raion industrial nou, iar industriaşii de cherestea, o magistrală ideală pe apă.

În trimestrul IV al anului 1964, noua UHE trebuie să fie dată în exploatare.

Specialiştii sovietici şi finlandezi muncesc alături unii de alţii, depunînd acelaşi efort.

(Izvestia, nr. 238, 6 octombrie 1963)

Uzine sovietice atomoelectrice noi. În prezent, în U.R.S.S. intră în funcţiune încă două uzine atomoelectrice „Bieloiarskaia" şi „Melekesskaia".

Recent, la Institutul de cercetări al reactoarelor atomice al Comitetului de stat pentru utilizarea energiei atomice în U.R.S.S. din oraşul Melekess s-a dat în exploatare experimentală o uzină electrică-bloc transportabilă „ARBUS", ceea ce înseamnă o instalaţie-bloc cu reactoare atomice.

Acesta este tipul nou de uzine atomoelectrice transportabile, în reactorul căreia se utilizează un termopurtător şi un temporizator. Instalaţiile de acest gen sînt destinate pentru raioane îndepărtate şi greu accesibile.

Lichidul activ nu se ionizează sub acţiunea radiaţiei şi nu provoacă corodarea materialelor, ceea ce la instalaţia „ARBUS" permite aplicarea de oţel carbon obişnuit pentru generatoarele de abur şi pentru conductele tubulare, şi renunţarea la protecţia grea biologică a întregii instalaţii din circuitul primar.

Puterea electrică a uzinei este de 750 kW.

Perioada de funcţionare, fără schimbarea combustibilului, este de doi ani.

Presiunea termopurtătorului este de 7 at.

Greutatea totală a utilajului este de 360 t.

În acelaşi timp, în Urali a avut loc un alt eveniment important: pe data de 3 septembrie 1963 s-a dat în funcţiune reactorul uzinei atomoelectrice „I.V. Kurceatov", din Bieloiarsk, realizîndu-se reacţia nucleară în lanţ cu automenţinere de dezagregare a uraniului. Uzina este de o construcţie originală, cu o putere utilă de circa 100 MW, şi cu supraîncălzirea nucleară a aburului pînă la 510°C, la o presiune pînă la 100 at.

Reactorul uzinei atomoelectrice din Bieloiarsk este realizat în mod constructiv sub forma unui cilindru mare de grafit cu diametrul de 12 m şi cu înălţimea de circa 8 m, străpuns prin orificii verticale, în care se introduc cilindri de uraniu îmbogăţit. Cilindrul de grafit este inclus într-o carcasă ermetică de metal, pentru preîntîmpinarea scurgerii gazelor radioactive. Căldura degajată în reactor, ca urmare a dezagregării uraniului, se extrage cu ajutorul apei care circulă prin canelurile cu cilindri. În reactor sînt două grupe de astfel de caneluri, un grup de circa 700 caneluri (se răceşte cu apă fierbinte), al doilea, de circa 300 caneluri (se răceşte prin abur saturat). În afară de aceasta, circa 100 de caneluri se folosesc pentru comanda reactorului şi în alte scopuri.

Toate cercetările făcute asupra reactoarelor se efectuează cu ajutorul unei aparaturi speciale de măsură de înaltă sensibilitate.

Încărcarea completă a reactorului şi efectuarea cercetărilor sînt planificate a se termina pînă la sfîrşitul anului 1963.

Operaţiile de încărcare a canelurilor în reactor se efectuează din sala centrală, o încăpere mare făţuită multicolor şi cu iluminare artificială permanentă.

(Pravda, nr. 268, 25 septembrie 1963)

Cel mai mare accelerator liniar de electroni din lume. În apropierea oraşului Harkov se termină construirea unei maşini atomice noi, destinată pentru cercetări paşnice, care se realizează de fizicienii sovietici. Acest accelerator liniar, calculat pentru energia de două miliarde electrovolţi, impresionează prin dimensiunile sale cu totul neobişnuite.

Acceleratorul unic va constitui o parte dintr-un centru sovietic nou care se crează în prezent în Institutul fizico-tehnic din Harkov, sub conducerea Comitetului de stat pentru utilizarea energiei atomice, din U.R.S.S.

Oamenii de ştiinţă din Harkov au reuşit, pentru prima dată în Uniunea Sovietică, să provoace dezagregarea nucleelor atomice cu ajutorul unei instalaţii mici de accelerare. Puterea utilajelor atomice creşte treptat. De la început s-au creat acceleratoare de 0,7 şi 3,5 MeV. Apoi energia a fost sporită pînă la 30, 90 şi, în sfîrşit, 360 MeV. Fiecare instalaţie s-a utilizat ca model pentru maşina următoare mai complicată. În anul 1956 s-a început crearea unui accelerator de 2 000 MeV.

La ordinea de zi este studiul structurii protonului şi al neutronului.

Acceleratorul, care seamănă cu o conductă tubulară mare, se întinde de-a lungul unui tunel pe distanţa de 240 m.

În prezent se face încercarea generatoarelor de impulsuri şi a aparatajului de înaltă frecvenţă. Puterea oscilaţiilor de înaltă frecvenţă în momentul impulsului este de 10^6 kW.

(Pravda, nr. 290, 17 octombrie 1963)

Realizarea de noi transformatoare. În cursul anului 1963, în Republica Populară Bulgaria, la uzinele de curenţi tari din Sofia, au fost realizate primele transformatoare, cu o capacitate de 60 000 kVA şi tensiunea de 110 000 V. De asemenea, a fost construit un transformator cu o putere de 32 000 kVA şi tensiunea de 220 000 V.

Aceste transformatoare de mare putere au fost realizate avînd la bază documentaţia proprie.

(Bul. ambasadei R. P. Bulgaria dce 1963)

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU; prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, membru coresp. al Acad. R. P. R.; acad. dr. ing. A. AVRAMESCU — redactor responsabil; ing. V. BUNEA; ing. V. CIOFU; prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU; ing. AL. GRECEANU; ing. ŞT. GROSU; conf. ing. G. HORTOPAN — redactor responsabil adjunct; conf. ing. G. LAZARIDE; ing. A. POPA; prof. ing. CRISTINA POPESCU; ing. VL. POPOVICI; acad. prof. dr. ing. R. RĂDULET ing. ST. ŢIGANETEA; ing. R. VLĂDOIANU.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Ministerului Industriei Construcţiilor de Maşini şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. — Redacţia şi administraţia, Bucureşti, str. Ion Ghica nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu. Telefon: 13.84.16. Revista este editată de M.I.C.M. Abonamentele se primesc la Administraţia revistei. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicaţiile tehnice M.I.C.M. — cont 026002 B.R.P.R. — Filiala 30 Decembrie, Bucureşti. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual; tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri: lei 30 anual. Costul unui exemplar lei 5. Tiparul: Întreprinderea „Informaţia", str. Brezoianu nr. 23—25, Bucureşti, c. 1376

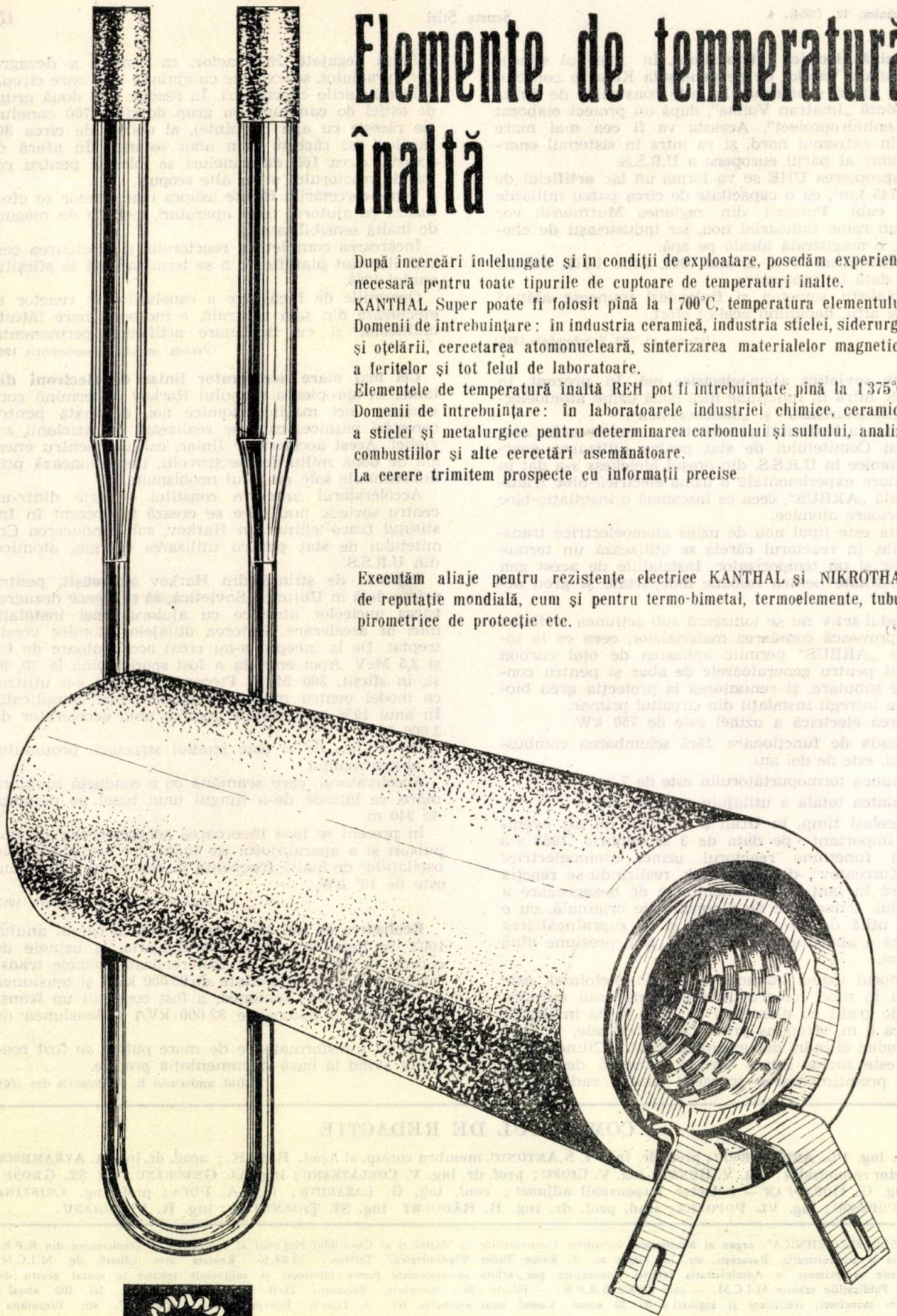
41 400

MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

Elemente de temperatură înaltă

După încercări îndelungate și în condiții de exploatare, posedăm experiența necesară pentru toate tipurile de cuptoare de temperaturi înalte.
KANTHAL Super poate fi folosit pînă la 1 700°C, temperatura elementului.
Domenii de întrebuințare: în industria ceramică, industria sticlei, siderurgie și oțelării, cercetarea atomonucleară, sinterizarea materialelor magnetice, a feritelor și tot felul de laboratoare.
Elementele de temperatură înaltă REH pot fi întrebuințate pînă la 1 375°C.
Domenii de întrebuințare: în laboratoarele industriei chimice, ceramice, a sticlei și metalurgice pentru determinarea carbonului și sulfului, analiza combustiilor și alte cercetări asemănătoare.
La cerere trimitem prospecte cu informații precise

Executăm aliaje pentru rezistențe electrice KANTHAL și NIKROTHAL, de reputație mondială, cum și pentru termo-bimetal, termoelemente, tuburi pirometrice de protecție etc.



KANTHAL

AKTIEBOLAGET KANTHAL

HALLSTAHAMMAR · SUEDIA

SOMMAIRE

CD 621.313.333 – 758.017.72

Sora, I.: **La ventilation des moteurs asynchrones fermés de 0,6—100 kW.**

Electrotehnica 12, no. 4, avril 1964, p. 121–124

On examine le problème de la ventilation des machines électriques fermées, on donne les résultats des mesurages aérodynamiques effectués sur un moteur de 17 kW, 1 500 rot/min, ainsi que les résultats des essais faits sur des moteurs de 22 et 30 kW, 3 000 rot/min, pour l'obtention d'un rendement maximum du ventilateur.

CD 621.313.1.045.5 : 621.317.333.82

Vascan, Th. et *Costina, D.*: **Etude expérimentale sur les phénomènes d'impulsion dans les machines électriques rotatives.**

Electrotehnica 12, no. 4, avril 1964, p. 125–132

On présente une étude expérimentale sur ies machines de basse et de haute tension et on met en évidence les sollicitations qui apparaissent dans les enroulements. En même temps, on cherche à établir un point de vue (demandé par la CEI) sur les problèmes concernant l'essai à l'impulsion pour plusieurs catégories de machines électriques rotatives.

CD 621. 316.57.064.25+31

Cîrstea, D., Mathé, B., Ogrezeanu, St., Pănoiu, A. et *Tudorache, C.*: **Etude sur la capacité de commutation de l'interrupteur IUP-110, dans des conditions de laboratoire et dans le réseau (I).**

Electrotehnica 12, no. 4, avril 1964, p. 132–141

On indique les résultats des recherches théoriques et expérimentales effectuées dans des conditions de laboratoire. L'étude vise à l'amélioration des performances de l'interrupteur IUP-110, en ce qui concerne la capacité de commutation, et reflète les préoccupations techniques de l'usine pour tout ce qui a trait à la transition de la chambre „élastique" à la chambre „rigide".

CD 621,317.333.82.012.7 :621.315.624.5.027.8

Popescu, C.: **La détermination de la caractéristique d'impulsion tension — temps des isolateurs de haute tension.**

Electrotehnica 12, no. 4, avril 1964, p. 142–148

On présente les installations et les méthodes employées dans le but de déterminer les caractéristiques tension — temps pour un isolateur de verre trempé IS—1 et pour une chaîne formée par trois isolateurs IS—1. On explique comment les valeurs, extraites des oscillogrammes établis, ont été analysées du point de vue statistique et on donne les résultats expérimentaux obtenus.

COMPTES RENDUS 149–151

EXTRAITS 151–154

CHRONIQUE 154–158

BRÈVES NOUVELLES 158–159

TITLURI DOCUMENTARE

CZ 621.313 MAŞINI ELECTRICE

CZ 621.313.048 : 620.193.918.2

Michel, K. **Comportarea termică a izolării maşinilor electrice.** În : Brown Boveri Mitt. 49, nr. 11—12, 1962, p. 630—639, 15 fig., 7 ref. bibl.

CZ 621.313 : 62 – 213.44

Rentzsch, H. **Tipuri de maşini electrice în uzinele care prezintă riscuri de explozie.** În : Electrizitätswirschaft 62, nr. 8, 20 apr. 1963, p. 264—267, 6 fig.

CZ 621.313.2 : 047

Wilson, T. G. şi *Trickey, P. H.* **Maşină electrică de curent continuu cu dispozitiv special de comutaţie.** În : Electr. engng. 81, nr. 11, noiembrie 1962, p. 879—884, 5 fig., 9 ref. bibl.

CZ 621.313.322.044.53.001.14

Neiman, B. Z. **Probleme de proiectare a maşinilor sincrone mari cu poli aparenţi masivi pe rotor.** În : Vestn. elektroprom. 34, nr. 2, 1963, p. 3—8, 7 fig., 2 tab., 2 ref. bibl.

CZ 621.314.2 TRANSFORMATOARE DE CURENT ALTERNATIV

CZ 621.314.2.045.015.1

Karsai, K. şi *Lovass, N. V.* **Repartiţia tensiunilor în înfăşurările transformatoarelor neomogene în cazul pătrunderii undelor de impuls.** În : Elektrotechn. Z. (ETZ—A) 84, nr. 9, 6 mai 1963, p. 262—265, 3 fig., 5 ref. bibl.

CZ 621.314.22.08

Hermstein, W. **Transformatoare de măsură de înaltă tensiune de o construcţie nouă. Transformatoare gemene.** În : Elektrizitätswirtschaft 62, nr. 8, 20 apr 1963, p. 256—259, 8 fig., 12 ref. bibl.

CZ 621.314.223.025.3 : 621.311.161

Hurrle, K. **Autotransformator trifazat de 200 MVA pentru interconectarea unor reţele de IT.** În : Siemens Z. 36, nr. 11, noiembrie 1962, p. 795—802, 9 fig.

CZ 621.314.223.077.4

Pacak, S. **Schema echivalentă a unui autotransformator de reglare adiţional în punctul neutru.** În : Elektrotechn. obz. 51, nr. 12, dec 1962, p. 618—626, 14 fig., 5 tab., 4 ref. bibl.

CZ 621.314.6 TRANSFORMAREA CURENTULUI ALTERNATIV IN CURENT PULSATOR. REDRESOARE

CZ 621.314.63

Barnes, D. K. şi *Calaiaco, A. P.* **Instalaţie de redresare „Rectoformer".** În : Westinghouse eng. 22, nr. 6, noiembrie 1962, p. 152—154, 5 fig.

CONTENTS

DC 621.313.333 – 758.017.72

Şora, I.: **The ventilation of closed asynchronous engines corresponding to the 0,6—100 kW power range.**

Electrotehnica 12, nr. 4, april 1964, p. 121–124

After generally discussing the problem of ventilation of closed electrical machines, one gives the results of aerodynamics measurements conducted on the 17 kW engine (1 500 r.p.m.) and the results of tests carried out with 22 kW — and 30 kW engines (3 000 r.p.m.) for obtaining a maximum efficiency of ventilators.

DC 621.313.1.045.5 : 621.317.333.82

Vascan, Th. and *Costina, D.*: **An experimental study concerning the impulse phenomena in electrical rotary machines.**

Electrotehnica 12, nr. 4, april 1964, p. 125–132

One presents an experimental study concerning some low and high-tension machines, emphasizing the stresses occurring in windings. Another aim of this study was to establish a viewpoint (required by the I.E.C.) on problems relating to the impulse test of some categories of electrical rotary machines.

DC 621.316.57.064.25+31

Cîrstea, D., Mathé, B., Ogrezeanu, St., Pănoiu A. and *Tudorache, C.*: **Studies regarding the commutation capacity of the IUP-110 switch under laboratory and network conditions (I).**

Eletrotehnica 12, nr. 4, april 1964, p. 132–141

The results are given of theoretical and experimental research work carried out in laboratory. This study, which is responsible for the improved performances of the IUP-110 switch in respect of commutation capacity, reflects the technical preoccupations of the works concerned relating to the shift from the „elastic" to the „rigid" chamber.

DC 621.317.333.82.012.7 :621.315.624.5.027.8

Popescu, C.: **Determining the tension — time impulse characteristic in high-tension insulators.**

Electrotehnica 12, nr. 4, april 1964, p 142–148

One describes the equipment and methods used to determine the tension — time characteristics for an IS—1 hardened glass insulator and a string consisting of three IS—1 insulators. Some information concerning the way of processing the values provided by the oscillograms is followed by the experimental results obtained.

REVIEWS 149–151

ABSTRACTS 151–154

CHRONICLE 154–158

BRIEF NEWS 158–159

CZ 621.314.653.016.352 : 621.382

Gelman, V. M. **Imbunătățirea stabilității de excitație a redresoarelor cu mercur cu ajutorul amorselor semiconductoare,** În : Vestn. elektroprom. 34, nr. 2, 1963, p. 17—22, 8 fig., 5 ref. bibl.

CZ 621.316 DISTRIBUȚIA ȘI REGLAJUL ENERGIEI ELECTRICE. COMUTAȚIE. INTRERUPTOARE

CZ 621.316.54.001.4

Kummerow, G. și *Pflarem, E.* **Metode noi de verificare a întreruptoarelor de mare putere.** În : Siemens Z. 36, nr. 11, noiembrie 1962, p. 802—804, 4 fig., 7 tab.

CZ 621.316.57

Akodis, M. M. și *Kuznețov, V. I.* **Perfecționarea întreruptoarelor MKP—160.** În : Energhetika, 5, nr. 11, noiembrie 1962, p. 1—9, 5 fig., 2 tab., 5 ref. bibl.

CZ 621.316.57 :621.319.4

Bishop, A. E. ș.a. **Un întreruptor de 100 kV pentru descărcarea rapidă a condensatoarelor de putere mare.** În : J. sci. Instrum. 39, nr. 11, noiembrie 1962, p. 566—586, 4 fig., 1 tab., 1 ref. bibl.

CZ 621.316.933

Lesny, W. **Probleme în legătură cu descărcătoarele cu rezistență variabilă pentru tensiuni foarte înalte.** În : Acta techn. 7, nr. 6, 1962, p. 558—577, 16 fig., 2 tab., 6 ref. bibl.

CZ 621.318 APLICAȚIILE INDUSTRIALE ALE MAGNETISMULUI

CZ 621.318.12

Faktor, Z. și *Salek, V.* **Miezurile feritice E.** În : Sdelovaci techn. 10, nr. 11, noiembrie 1962, p. 402—408, 16 fig., 2 tab., 1 ref. bibl.

CZ 621.318.12

Metzdorf, W. și *Rabl, H.* **Noi realizări în domeniul dispozitivelor de memorizare magnetice.** În : Elektron. Rdsch. 16, nr. 11, noiembrie 1962, p. 524—526, 9 fig., 9 ref. bibl.

CZ 628.973 ILUMINATUL ESTETIC

CZ 628.973

Durrant, D. W. **Rolul iluminatului în realizarea unor interioare mai confortabile. Cîteva metode.** În : Trans. Illuminating engng. soc. 27, nr. 4, 1962, p. 170—185, 12 fig., 4 ref. bibl.

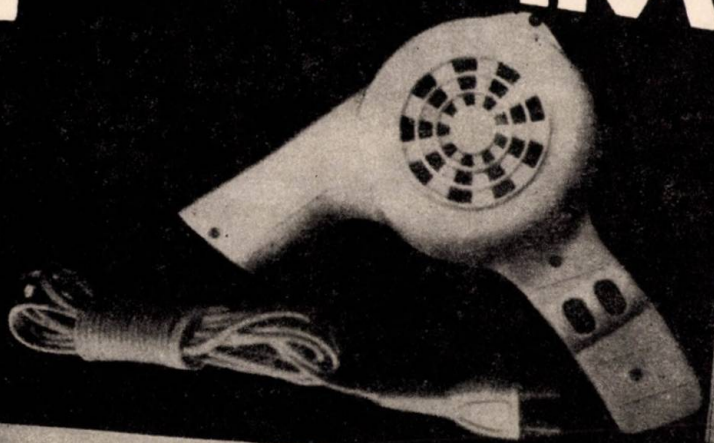
CZ 628.973

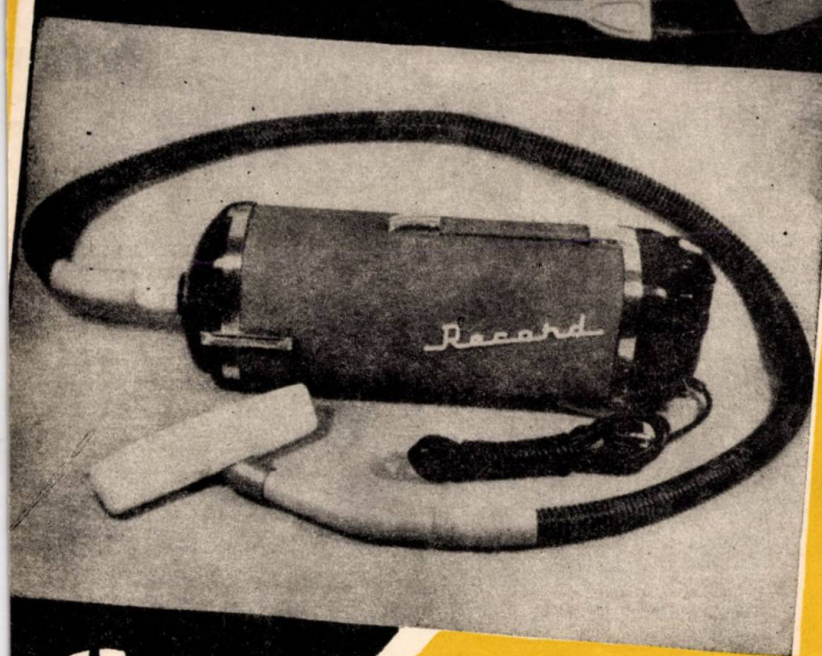
Reid, J. **Rolul iluminatului în realizarea unor interioare mai confortabile. Cîteva soluții.** În : Trans. Illuminating engng. soc. 27, nr. 4, 1962, p. 186—206, 11 fig.

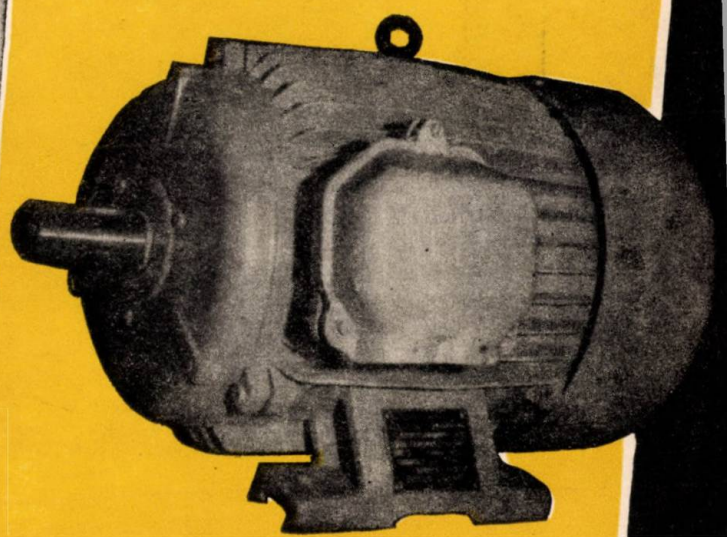
CZ 628.973

Page, J. K. **Rolul iluminatului în realizarea unor interioare mai confortabile. Cîteva probleme.** În : Trans. Illuminating engng. soc. 27, nr. 4, 1962, p. 153—169, 2 fig., 8 tab., 21 ref. bibl.

Intreprinderea ELECTROMOTOR TIMIŞOARA







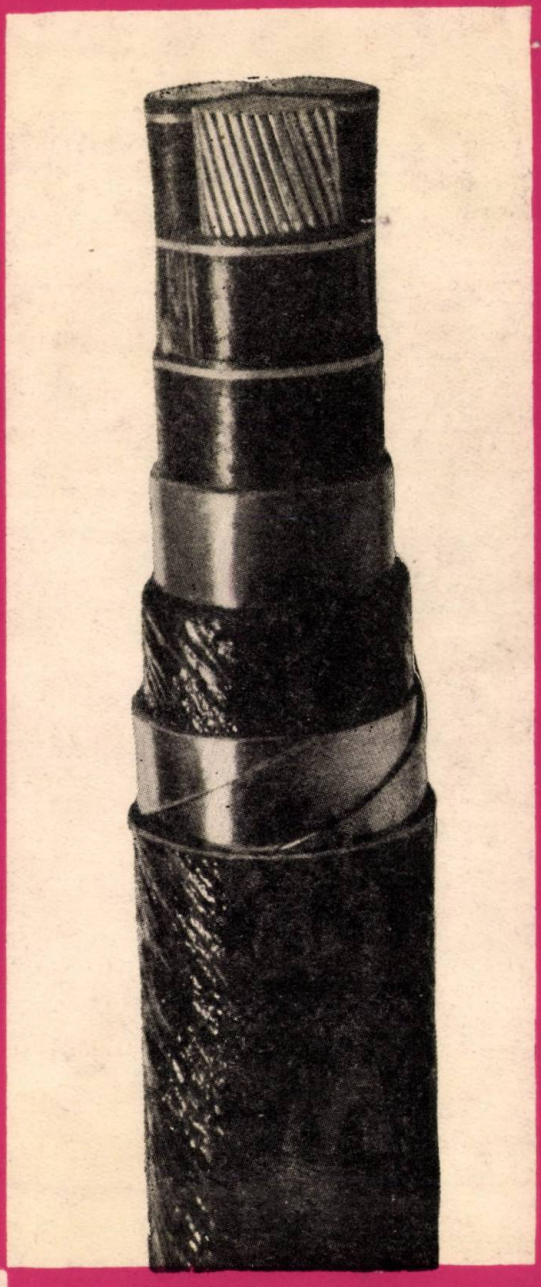
Execută:

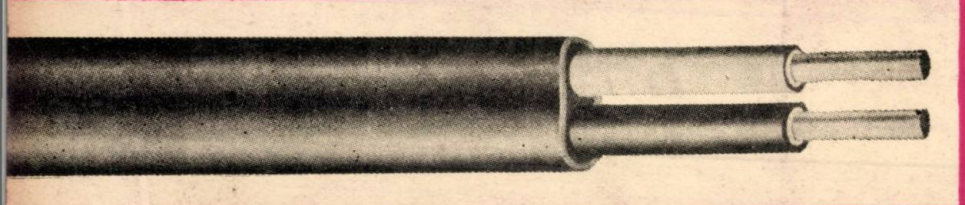
- **motoare electrice asincrone trifazate, cu rotorul în scurtcircuit, protecţie IP 44, de 4—30 kW**
- **aspiratoare de praf tip „Record"**
- **uscătoare de păr tip „Zefir"**
- **ventilatoare de masă**

1883

FABRICA DE CABLURI ŞI MATERIALE ELECTROIZOLANTE

- UN BOGAT SORTIMENT DE CABLURI DE FORŢĂ, CU IZOLAŢIE DE HÎRTIE ŞI MATERIALE PLASTICE
- CONDUCTE ELECTRICE PENTRU INSTALAŢII
- CONDUCTORI DE BOBINAJ IZOLAŢI CU EMAIL, HÎRTIE, MĂTASE, FIRE DE STICLĂ
- CORDOANE ELECTRICE PENTRU UZ CAZNIC
- LACURI ŞI MATERIALE ELECTROIZOLANTE



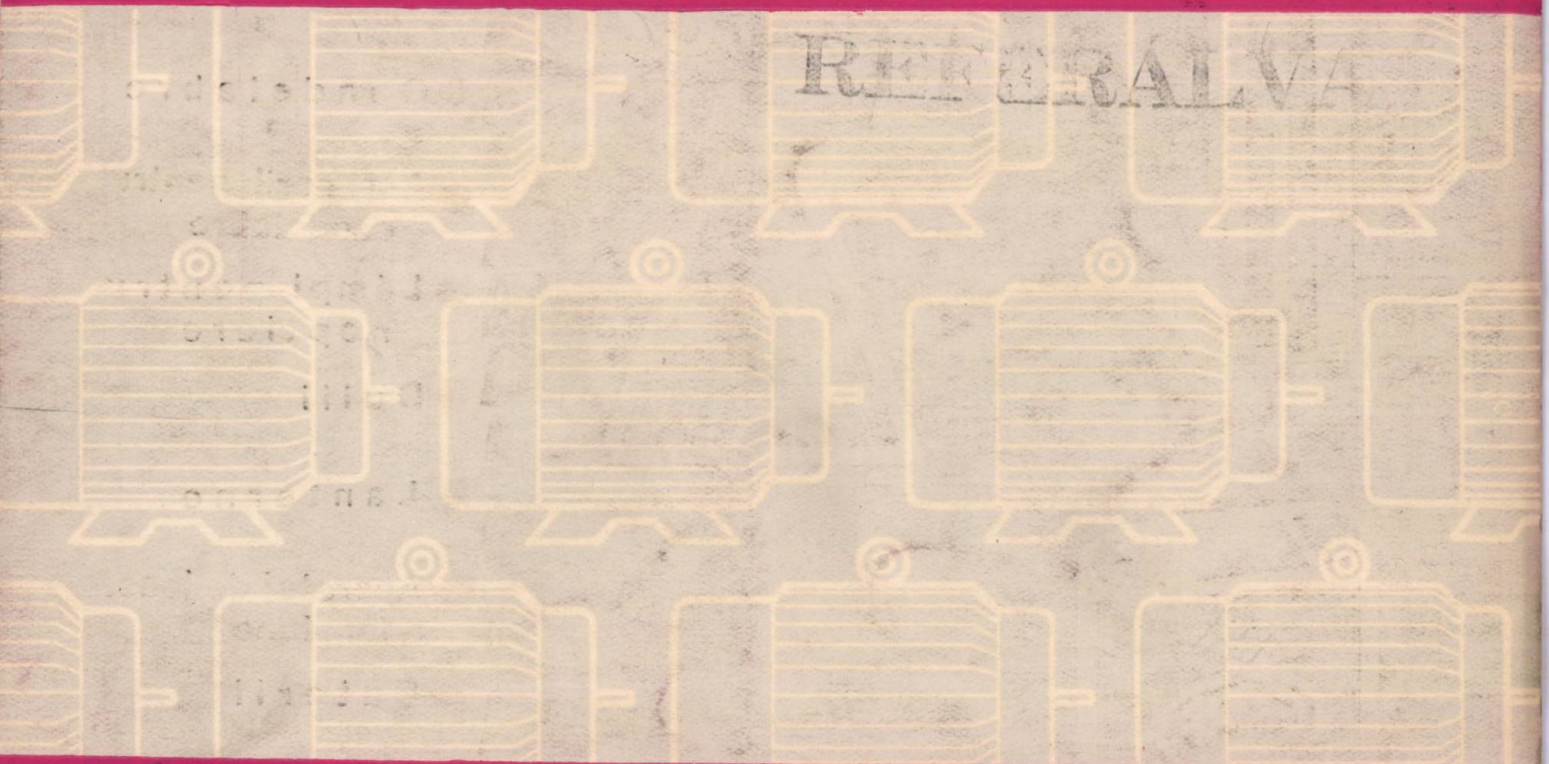


FCME

E 2040

R

ELECTROTEHNICA



Electrotehnica • Bucureşti • Anul 12 • nr. 5 • P. 161 — 200 • Mai 1964

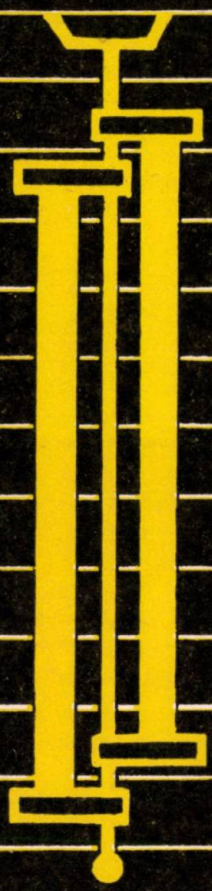
5

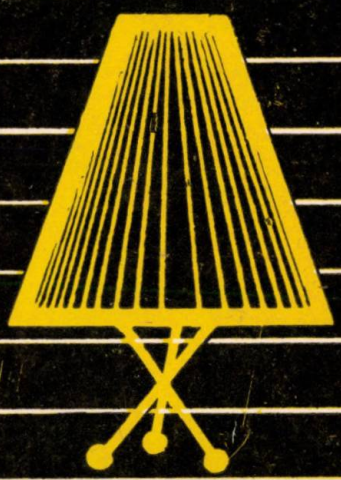
MŰSZAKI KÖNYVTÁRÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

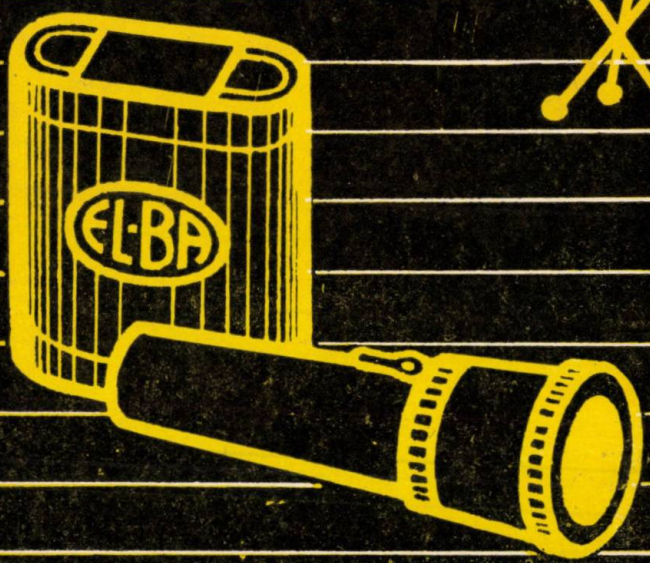
EL-BA

ELECTRO-BANAT

fabrică:







- Candelabre
- Accesorii pentru candelabre
- Lămpi pentru noptiere
- Dulii
- Lanterne
- Aparataj de joasă tensiune
- Baterii
- Pile electrice
- Corpuri de iluminat pentru vehicule
- Aparataj pentru vehicule

MAGYAR MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

ELECTROTEHNICA

Anul 12 nr. 5 mai 1964

CUPRINS

CZ 621.3.013.4 :538.542 :621.318.22

Atanasiu, Gh. : **Efectul pelicular în benzi feromagnetice.**

Electrotehnica 12, nr. 5, mai 1964, p. 161–166

Se cercetează efectul pelicular pentru cazul barelor feromagnetice de dimensiuni comparabile sau mai mici decît adîncimea de pătrundere. Considerentele teoretice făcute duc la formule care permit calcularea factorului de mărire a rezistenței barelor. Sînt date și rezultate experimentale.

CZ 621.313.333.017.39

Popovici, Alex., Tatu Gh., Nicoară, P., Băbuția, I. și *Crăciunescu, V.* : **Cu privire la reducerea pierderilor suplimentare în gol la motoarele asincrone.**

Electrotehnica 12, nr. 5, mai 1964, p. 166–171

Se expun soluțiile și rezultatele experimentale privind reducerea pierderilor suplimentare la funcționarea în gol a motoarelor asincrone trifazate de putere mijlocie, fabricate în întreprinderea „Electromotor", Timișoara.

CZ 621.316.57.064.3

Cîrstea, D. Máthè, B., Ogrezeanu, St., Pănoiu, A. și *Tudorache, C.*: **Studii privind capacitatea de comutație a întreruptorului IUP — 110, în condiții de laborator și de rețea (II) — Încercări de rețea.**

Electrotehnica 12, nr. 5, mai 1964, p. 172–182

După verificarea capacității de comutație a întreruptorului IUP—110 în condiții de laborator [1] s-a efectuat o nouă serie de încercări ale acestui întreruptor în sistemul electromagnetic al R.P.R. (în stațiile de la Focșani și Brașov). În lucrare se arată rezultatele obținute în cadrul acestor încercări cu cele două variante constructive ale întreruptorului (întreruptor cu cameră „elastică" și cu cameră „rigidă").

CZ 621.313.17.048.1

Bercu, A. și *Perlea, M.* : **Tendințe moderne în tehnologia impregnării micromotoarelor.**

Electrotehnica 12, nr. 5, mai 1964, p. 182–189

Se prezintă în mod critic metodele clasice de impregnare a micromotoarelor prin imersiuni în lacuri cu solvenți. Pentru eliminarea principalelor dezavantaje ale acestor metode (rigidizare mecanică slabă, instabilitatea caracteristicilor dielectrice în timp, slaba rezistență la acțiunea mediului climatic) se tinde la folosirea rășinilor sintetice termorigide, în special a celor epoxidice. La I.C.P.E. s-a experimentat o metodă modernă de impregnare a micromotoarelor cu rășini epoxidice, obținîndu-se rezultate favorabile. Studiul dielectric al micromotoarelor impregnate după noua metodă s-a făcut comparativ cu al celor impregnate după metoda clasică.

CZ 621.317.714.088.7 :621.314.224.3

Millea, A. și *Gruia, N.* : **Instalație de înaltă precizie pentru etalonarea transformatoarelor de curent.**

Electrotehnica 12, nr. 5, mai 1964, p. 189–196

Se descrie o instalație realizată de autori pentru determinarea erorilor transformatoarelor etalon de curent, bazată pe o metodă de compensare magnetică. Se fac considerente teoretice cu privire la erorile instalației, se dau date constructive și rezultate experimentale obținute. Precizia realizată o întrece pe aceea a altor instalații destinate aceluiași scop, lucrînd pe principiul cunoscut al comparării căderilor de tensiune pe șunturi rezistive.

RECENZII 196–197
REFERATE 197–198
CRONICĂ 198–200
SCURTE ȘTIRI 200

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.3.013.4 :538.542.621.318.22
Атанасиу Г.: **Пленочный эффект в железномагнитных шин**
Electrotehnica 12, Nr 5, mai 1964, стр. 161–166

Приводится исследование пленочного действия железномагнитных лентах сопоставимых или меньших размеров чем глубина проникновения. Принятые теоретические соображения приводят к формулам, допускающим расчет коэффициен таувеличения сопротивления шин. При этом приводятся и экспериментальные результаты.

ДК 621.313.333.017.39
Попович, Алекс., Тату, Г., Никоарэ, П., Бэбуция, И. и *Крэчунеску. В.:* **К вопросу снижения дополнительных потерь, при холостуом, в асинхронных двигателях**
Electrotehnica 12, Nr. 5, mai 1964, стр. 166–171

Приводятся решения и экспериментальные результаты по снижению дополнительных потерь при холостом ходе асинхронных трехфазных двигателей средней мощности, изготовляемых заводом ''Электромотор'' в Тимишоаре.

ДК 621.316.57.064.3
Кырстия, Д., Матхе, Б., Огрезяну, Ст., Пзною, А. и *Тудораке, Ч.:* **Изучение коммутационной способности выключателя типа IUP — 110, в лабораторных и сетевых условиях (II). — Сетевые испытания.**
Electrotehnica 12, Nr 5, mai 1964, стр. 172–182

После проверки коммутационной способности выключателя типа ,,IUP — 110'' в лабораторных условиях (II), произведена новая серия испытаний данного выключателя в электромагнитной системе Р,Н.Р. (на станциях в Фокшанах и Брашове). В статье приводятся результаты данных испытаний по двум конструктивным вариантам выключателя (выключатель с ,,эластичной'' камерой и выключатель с ,,жёсткой'' камерой).

ДК 621.313.17.048.I.
Берку, А. и Перля, М.: **Современные стремления в области технологии пропитки микродвигателей.**
Electrotehnica 12, Nr 5, mai 1964, стр. 182–189

Критически представлены классические методы пропитки микродвигателей посредством иммерсии в лаки с растворителями. Во избежание основных недостатков данных методов (слабая механическая жесткость, неустойчивость диэлектрических характеристик во времени, слабое сопротивление надействие климатической среды), авторы стремились к использованию синтетической терморигидной особенно эпоксидной, смолы.

В ,,ICPE'' был экспериментирован современный метод пропитывания микродвигателей эпоксидными смолами; при этом, были достигнуты благоприятные результаты.

Диэлектрическое исследование микродвигателей пропитанных новым способом, проводилось в сревнении с пропитыванием классическим методом.

ДК 621.317.714.088.7 :621.314.224.3
Милля, А. и *Груя, Н.:* **Высокоточная установка для определения погрешностей трансформаторов тока.**
Electrotehnica 12, Nr. 5, mai 1964, стр. 189–196

Приводится описание осуществленной авторами установки для определения погрешностей эталонных трансформаторов тока, основанной на магнитном компенсационном методе. Приводятся теоретические соображения по погрешностям установки, конструктивные данные и полученные экспериментальные результаты. Реализованная точность превосходит точность других установок, предназначенных для тех же целей; при этом работа основана на известном принципе сравнения понижений напряжения на шунтах.

РЕЦЕНЗИИ 196–197
РЕФЕРАТЫ 197–198
ХРОНИКА 198–200
КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ 200

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.3.013.4 :538.542 :621.318.22

Atanasiu, Gh. : **Die Hautwirkung in ferromagnetischen Bändern.**

Electrotehnica, 12, H. 5, Mai 1964, S. 161–166

Es wird die Hautwirkung für den Fall der ferromagnetischen Stangen, von vergleichbaren oder kleineren Abmessungen als die Eindringtiefe, untersucht. Die theoretischen Betrachtungen führen zu Formeln die die Bestimmung des Widerstandsvergrösserungskoeffizienten der Stangen erlauben. Es werden auch Versuchsergebnisse angegeben.

DK 621.313.333.017.39

Popovici, A., Tatu, Gh., Nicoară, P. und *Crăciunescu, V.* : **Zur Frage der Herabsetzung der zusätzlichen Leerlaufverluste bei den asynchronen Drehstrommotoren.**

Electrotehnica 12, H. 5, Mai 1964, S. 166–171

Es werden die Lösungen und die Versuchsergebnisse die Herabsetzung der zusätzlichen Leerlaufverluste betreffend, bei den Asynchronmotoren mitlerer Leistung die die Fabrik „Electromotorul"-Timişoara herstellt, auseinander gesetzt.

DK 621.316.57.064.3

Cîrstea, D., Mathé, B., Ogrezeanu, St., Pănoiu, A. und *Tudorache, C.* : **Untersuchung der Schaltleistung des IUP—110—Schalters unter Prüffeld-bzw. Betriebs-Bedingungen (II) — Netzversuche.**

Electrotehnica 12, H. 5, Mai 1964, S. 172–182

Nach der Schaltleistungsbestimmung des IUP—110—Schalters im Prüffeld wurde eine neue Versuchsreihe im Netzsystem der R.V.R. unternommen (in den Umspannstationen von Focşani und Braşov). In dem Aufsatz werden die Ergebnisse der Untersuchung für die zwei Bauausführungen (Schalter mit elastischer und mit fester Löschkammer) vorgelegt.

DK 621.313.17.048.1

Bercu, A. und *Perlea, M.* : **Neue Bestrebungen in der Technologie der Impregnierung von Kleinstmotoren.**

Electrotehnica 12, H. 5, Mai 1964, S. 182–189

Es werden unter kritischer Betrachtung die bekannten Impregnierungsarten der Kleinstmotoren mittels Lacklösungen, dargelegt. Für die Beseitigung der Hauptnachteilen dieser Impregnierungsarten (schwache mechanische Starrheit, die mit der Zeit veränderliche dielektrische Charakteristiken, schwacher Widerstand gegen die Witterungseinflüsse) ist man nach Verwendung der synthetischen wärmebeständigen Harze, insbesondere der epoxidischen, bestrebt. Bei ICPE wurde eine moderne Impregnierungsmethode der Kleinstmotoren mit epoxidischen Harze experimentiert und gute Ergebnisse erzielt. Die dielektrische Untersuchung der nach der neuen Methode impregnierte Kleinstmotoren wurde mit der nach der klassischen Methode ausgeführten Impregnierung, vergliechen.

DK 621.317.714.088.7 :621.314.224.3

Millea, A. und *Gruia, N.*: **Messeinrichtung von hoher Genauigkeit für die Fehlerbestimmung von Stromwandlern.**

Electrotehnica, 12, H. 5, Mai 1964, S. 189–196

Es wird eine Messeinrichtung die von den Verfassern, für die Fehlerbestimmung der Eichungsstromwandlern, begründet auf einer magnetischer Kompensierung, ausgedacht wurde, beschrieben. Es werden theoretische Betrachtungen bezüglich der Messfehler der Einrichtung auseinander gesetzt. Es werden Konstruktionswinke und Versuchsergebnisse angegeben. Die erzielte Genauigkeit übertrifft diejenige der demselben Zweck bestimmten Einrichtungen die auf dem bekannten Prinzip, dem Vergleich der Spannungsabfälle auf ohmsch'en Nebenwiderständen, arbeiten.

BUCHBESPRECHUNGEN 196–197

REFERATE 197–198

CHRONIK 198–200

KURZE NACHRICHTEN 200

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.

Anul 12 nr. 5 București, mai 1964

MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

Efectul pelicular în benzi feromagnetice

Gheorghe Atanasiu * — Timişoara

CZ 621.3.013.4 : 538.542 : 621.318.22

1. Însemnătatea problemei și calea de rezolvare

Efectul pelicular în corpuri feromagnetice, care prezintă o permeabilitate magnetică dependentă de cîmpul magnetic, a făcut obiectul a numeroase studii și cercetări experimentale [2], [5], [6], [7]. Lucrările publicate au tratat problema sub dublul ei aspect: cel teoretic, în care se analizează pătrunderea cîmpului electromagnetic în medii cu permeabilitate magnetică variabilă, și cel practic, unde se cercetează consecințele repartizării neuniforme ale densității de curent. În toate lucrările, această problemă se studiază în ipoteza în care dimensiunile corpurilor feromagnetice sînt cu mult mai mari decît dublul adîncimii de pătrundere a undelor electromagnetice. Lucrarea de față prezintă un studiu aplicat la corpurile la care una dintre dimensiuni are valori comparabile sau mai mici decît dublul adîncimii de pătrundere. Importanța lucrării constă în faptul că permite studierea efectului pelicular în cazul benzilor feromagnetice folosite la unele tipuri de reostate autoreglabile pe bază de efect pelicular și demonstrează că rezolvarea ecuațiilor lui Maxwell cu metoda aleasă se dovedește a fi suficientă pentru aplicațiile tehnice.

Rezolvarea problemei se face printr-o iterație simplă, relația de interdependență $\mu = f(H)$ introducîndu-se în relațiile finale. Această cale a fost aleasă deoarece rezolvarea ecuațiilor electrodinamicii cu o permeabilitate magnetică variabilă duce la dificultăți matematice mari care nu permit, în general, rezolvarea lor și chiar în cazul unor ipoteze simplificatoare rezultatul nu se poate explicita.

2. Ecuațiile undelor electromagnetice plane la medii cu permeabilitate magnetică variabilă

Calculul care se efectuează are la bază sistemul bidimensional. Se consideră un mediu feromagnetic de secțiune dreptunghiulară, cu dimensiunile Δ și b, lățimea Δ fiind comparabilă cu dublul adîncimii de pătrundere, calculată pentru un mediu cu una dintre dimensiuni infinită [2]. Curentul electric alternativ care străbate corpul este în direcția axei z avînd o repartiție neuniformă în planul axelor x și y (fig. 1).

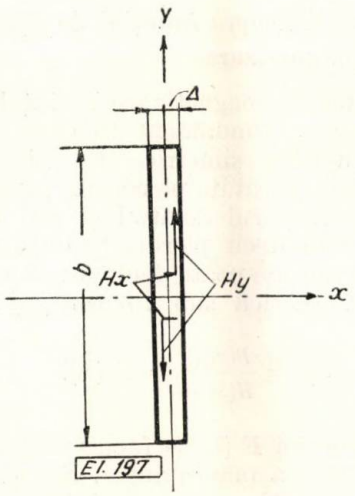


Fig. 1. Componentele cîmpului magnetic pentru bandă feromagnetică.

Cîmpul magnetic H, produs de curent, este în planul secțiunii, avînd componentele după cele două axe: H_x și H_y.

Se consideră cîmpul magnetic și densitatea curentului electric, funcții sinusoidale de timp:

$$\boldsymbol{J} = j_z(x, y) \cdot e^{j\omega t}, \tag{1}$$

$$\boldsymbol{H} = h(x, y) \cdot e^{j\omega t}. \tag{2}$$

---

* Ing. *Gh. Atanasiu* este șef de lucrări la Facultatea de electrotehnică a Institutului politehnic-Timișoara.

Aceste funcții trebuie să satisfacă ecuațiile fundamentale ale electrodinamicii :

$$\text{rot } \boldsymbol{H} = \boldsymbol{J}, \tag{3}$$

$$\text{rot } \boldsymbol{E} = -\mu \frac{\partial \boldsymbol{H}}{\partial t}, \quad \boldsymbol{J} = \lambda \boldsymbol{E}. \tag{4}$$

În cazul spațiului cu două dimensiuni și pentru $j_x = j_y = 0$, se obține sistemul de ecuații :

$$\frac{\partial^2 h_y}{\partial x \partial y} - \frac{\partial^2 h_x}{\partial y^2} = -\mu \, \mathrm{j} \, \omega \, \lambda \, h_x, \tag{5}$$

$$\frac{\partial^2 h_y}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 h_x}{\partial x \partial y} = \mu \, \mathrm{j} \, \omega \, \lambda \, h_y \tag{6}$$

și

$$\text{div } \boldsymbol{B} = 0, \tag{7}$$

care în coordonate carteziene devin :

$$\frac{\partial}{\partial x}(\mu h)_x + \frac{\partial}{\partial y}(\mu h)_y = 0. \tag{8}$$

În aceste ecuații permeabilitatea magnetică μ este dependentă de amplitudinea cîmpului magnetic $\boldsymbol{H}$, $\mu = \mathrm{f}(h)$, deoarece în cazul propagării energiei electromagnetice în medii feromagnetice apare caracteristic variația permeabilității mediului magnetic pe măsura propagării undei în spațiu, legată de variația amplitudinii intensității cîmpului magnetic [2], [7].

3. Considerații asupra funcției de aproximare a curbei de magnetizare

Prin curba de magnetizare se înțelege curba de magnetizare fundamentală care trece prin vîrfurile buclelor simetrice de histerezis. În cazul problemei tratate pierderile prin histerezis nu prezintă factorul esențial și sînt în general mult mai mici decît pierderile datorită curenților turbionari. Se poate deci considera permeabilitatea magnetică sub forma [2] :

$$\mu = \frac{B(x, y)}{H(x, y)} = \mathrm{F}(h). \tag{9}$$

Alegerea funcției F (h) se face cunoscînd curba de magnetizare a materialului. Se aproximează că această funcție are o variație hiperbolică, ceea ce permite o aplicare atît la valori mici, cît și la valori mari ale cîmpului magnetic. Pentru $h < h_{cr}$ se poate considera :

$$\mu = \frac{\mu_i}{(1 - h/h_{cr})^2}, \tag{10}$$

iar pentru $h > h_{cr}$:

$$\mu = \mu_0 \left(\frac{h/h_{cr}}{h/h_{cr} - 1} \right)^n, \tag{11}$$

unde h_{cr} este valoarea cîmpului magnetic pentru care permeabilitatea magnetică obține, practic, valoare maximă, iar teoretic valoare infinită; μ_i — permeabilitatea inițială la $h = 0$. În unele cazuri obținerea unei curbe de echivalare satisfăcătoare nu este posibilă și atunci se consideră

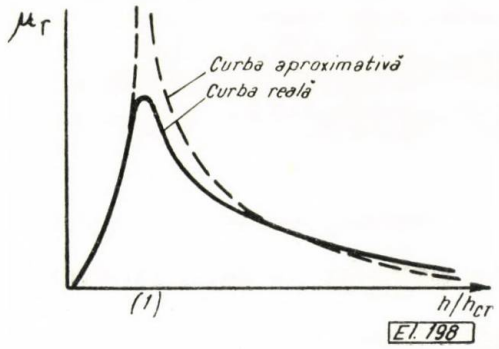


Fig. 2. Aproximațiile hiperbolice aduse curbei de magnetizare.

chiar curba de magnetizare a materialului, folosind relația : $\mu = \mu_0 \, \mu_r$, unde μ_r obține valoarea permeabilității relative.

4. Rezolvarea ecuațiilor diferențiale pentru benzi feromagnetice

În rezolvarea ecuațiilor diferențiale se va considera μ constant și în rezultatele obținute se vor introduce expresiile considerate în paragraful 3. În calculele efectuate se fac următoarele ipoteze apropiate de cazul real :

a. În mediul feromagnetic, vectorul Poynting $\boldsymbol{S}$ este perpendicular pe suprafața de separație aer-mediu.

b. Proiecțiile vectorului cîmpului magnetic $\boldsymbol{H}$ pe axele de coordonate sînt funcții de o singură variabilă, și anume :

$$\frac{\partial h_x}{\partial x} = 0; \quad \frac{\partial h_y}{\partial y} = 0,$$

ceea ce rezultă și din relația, (8), considerînd $\mu = \text{const}$.

Din relațiile (5) și (6) se obține :

$$\frac{\partial^2 h_x}{\partial y^2} = \mu \, \mathrm{j} \, \omega \, \lambda \, h_x, \tag{12}$$

$$\frac{\partial^2 h_y}{\partial x^2} = \mu \, \mathrm{j} \, \omega \, \lambda \, h_y \tag{13}$$

condițiile la limită sînt :

pentru :

$$x = \pm \frac{\Delta}{2}, \; h = \pm h_e;$$

$$y = \pm \frac{b}{2}, \; h = \pm h_e;$$

$$x = y = 0, \; h = 0,$$

unde h_e este valoarea cîmpului magnetic pe conturul benzii.

Soluțiile ecuațiilor (12) și (13) sînt de forma :

$$h_x = C_1 \cdot e^{-\beta y - j\beta y} + C_2 \cdot e^{\beta y + j\beta y};$$
$$h_y = C_1' \cdot e^{-\beta x - j\beta x} + C_2' \cdot e^{\beta x + j\beta x}, \quad (14)$$

unde β este factorul de amortizare [1] avînd valoarea :

$$\beta = \sqrt{\pi f \lambda \mu}. \quad (15)$$

Din condițiile la limită se obține :

$$C_1 = -C_2 \text{ și } C_1 = \frac{h_e}{e^{-\beta(j+1)\frac{b}{2}} - e^{\beta(j+1)\frac{b}{2}}}; \quad (16)$$

$$C_1' = -C_2' \text{ și } C_1' = \frac{h_e}{e^{-\beta(j+1)\frac{\Delta}{2}} - e^{\beta(j+1)\frac{\Delta}{2}}}. \quad (17)$$

Expresia cîmpului magnetic are forma :

$$h_x = h_e \cdot \frac{e^{-\beta(j+1)y} - e^{\beta(j+1)y}}{e^{-\beta(j+1)\frac{b}{2}} - e^{\beta(j+1)\frac{b}{2}}};$$
$$h_y = h_e \cdot \frac{e^{-\beta(j+1)x} - e^{\beta(j+1)x}}{e^{-\beta(j+1)\frac{\Delta}{2}} - e^{\beta(j+1)\frac{\Delta}{2}}}, \quad (18)$$

sau (folosind funcțiile hiperbolice) :

$$h_x = h_e \cdot \frac{\operatorname{sh}\beta(j+1)y}{\operatorname{sh}\beta(j+1)\frac{b}{2}};$$
$$h_y = h_e \cdot \frac{\operatorname{sh}\beta(j+1)x}{\operatorname{sh}\beta(j+1)\frac{\Delta}{2}}. \quad (19)$$

Ea se obține introducînd funcția permeabilității din relația (10) sau (11) în :

$$\beta = \sqrt{\pi f \lambda \mu_i}\sqrt{\mu_r} \text{ și } \beta = \sqrt{\pi f \lambda \mu_0}\sqrt{\mu_r}, \quad (20)$$

unde

$$(\sqrt{\mu_r})_x = \frac{1}{1 - h_x/h_{cr}} \text{ și } (\sqrt{\mu_r})_y = \frac{1}{1 - h_y/h_{cr}}, \text{ pentru } h < h_{cr};$$

$$(\sqrt{\mu_r})_x = \sqrt{\left(\frac{h_x/h_{cr}}{h_x/h_{cr} - 1}\right)^n} \text{ și } (\sqrt{\mu_r})_y = \sqrt{\left(\frac{h_y/h_{cr}}{h_y/h_{cr} - 1}\right)^n}, \text{ pentru } h > h_{cr},$$

sau se obține direct din curba de magnetizare ca radicalul valorii permeabilității magnetice relative :

$$h_x = h_e \cdot \frac{\operatorname{sh}\beta_0(j+1)\varphi_y}{\operatorname{sh}\beta_0(j+1)\varphi_{\frac{b}{2}}};$$
$$h_y = h_e \cdot \frac{\operatorname{sh}\beta_0(j+1)\varphi_x}{\operatorname{sh}\beta_0(j+1)\varphi_{\frac{\Delta}{2}}}, \quad (21)$$

unde :

$$\beta_0 = \sqrt{\pi f \lambda \mu_0} \text{ sau } \beta_0 = \sqrt{\pi f \lambda \mu_i};$$
$$\varphi_y = y \cdot (\sqrt{\mu_r})_y, \quad \varphi_x = x \cdot (\sqrt{\mu_r})_x, \varphi_{\frac{b}{2}} = \frac{b}{2}(\sqrt{\mu_r})_{\frac{b}{2}}, \quad \varphi_{\frac{\Delta}{2}} = \frac{\Delta}{2}(\sqrt{\mu_r})_{\frac{\Delta}{2}}. \quad (22)$$

Explicitarea relațiilor (21) este greoaie și nu permite o analiză ulterioară. Pentru studiul repartiției cîmpului magnetic se recurge la diagrame. Se determină funcțiile φ_x, φ_y ca funcție de h_x, h_y avînd parametrul x și y. Pe aceeași diagramă se trasează curbele $h_x = F(\varphi_y)$ sau $h_y = f(\varphi_x)$ avînd ca parametru $\frac{\Delta}{2}$ și $\frac{b}{2}$. Aceste familii de curbe determină în punctele de intersecție pentru β_0 cunoscut, valorile componentelor h_x și h_y.

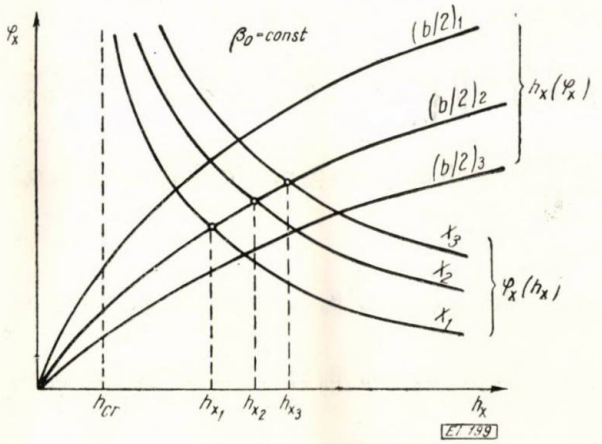


Fig. 3. Familiile de curbe pentru determinarea componentelor h_x și h_y.

Densitatea de curent are expresia :

$$j_x(x, y) = \frac{\partial h_y}{\partial \varphi_x} - \frac{\partial h_x}{\partial \varphi_y},$$

ceea ce duce la :

$$j_z(x, y) = h_e \beta_0 (j+1) \left\{\frac{\operatorname{ch}\beta_0(j+1)\varphi_x}{\operatorname{sh}\beta_0(j+1)\varphi_{\frac{\Delta}{2}}} - \frac{\operatorname{ch}\beta_0(j+1)\varphi_y}{\operatorname{sh}\beta_0(j+1)\varphi_{\frac{b}{2}}}\right\}. \quad (23)$$

Expresia densității de curent este suma a doi termeni care prezintă repartiții identice după cele două axe, semnul minus afectînd numai defazajul densităților de curent. Repar-

tiția cîmpului magnetic și a densității de curent este redată în figura 4. Expresia mărimii den-

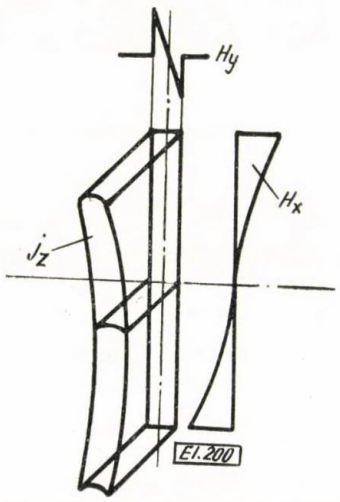


Fig. 4. Repartiția densității de curent și a cîmpului magnetic pentru bare feromagnetice.

sității de curent funcție de parametrii φ_x și φ_y este :

$$j_z(x,y) = \sqrt{\left\{\frac{1}{f_1}(\alpha \cdot \operatorname{ch}\beta_0\varphi_x \cos\beta_0\varphi_x + b \operatorname{sh}\beta_0\varphi_x \sin\beta_0\varphi_x) + \frac{1}{f_2}(c \cdot \operatorname{ch}\beta_0\varphi_y \cos\beta_0\varphi_y + d \operatorname{sh}\beta_0\varphi_y \sin\beta_0\varphi_y)\right\}^2 +}$$

$$+\left\{\frac{1}{f_1}(-b \operatorname{ch}\beta_0\varphi_x \cos\beta_0\varphi_x + a \operatorname{sh}\beta_0\varphi_x \sin\beta_0\varphi_x) + \frac{1}{f_2}(-d \operatorname{ch}\beta_0\varphi_y \cos\beta_0\varphi_y + C \operatorname{sh}\beta_0\varphi_y \sin\beta_0\varphi_y)\right\}^2, \quad (24)$$

unde :

$$f_1 = \operatorname{sh}^2\beta_0\varphi_{\frac{\Delta}{2}} \cos^2\beta_0\varphi_{\frac{\Delta}{2}} + \operatorname{ch}^2\beta_0\varphi_{\frac{\Delta}{2}} \sin^2\beta_0\varphi_{\frac{\Delta}{2}};$$

$$f_2 = \operatorname{sh}^2\beta_0\varphi_{\frac{b}{2}} \cos^2\beta_0\varphi_{\frac{b}{2}} + \operatorname{ch}^2\beta_0\varphi_{\frac{b}{2}} \sin^2\beta_0\varphi_{\frac{b}{2}};$$

$$a = \operatorname{sh}\beta_0\varphi_{\frac{\Delta}{2}} \cdot \cos\beta_0\varphi_{\frac{\Delta}{2}} + \operatorname{ch}\beta_0\varphi_{\frac{\Delta}{2}} \sin\beta_0\varphi_{\frac{\Delta}{2}};$$

$$b = \operatorname{ch}\beta_0\varphi_{\frac{\Delta}{2}} \sin\beta_0\varphi_{\frac{\Delta}{2}} - \operatorname{sh}\beta_0\varphi_{\frac{\Delta}{2}} \cos\beta\varphi_{\frac{\Delta}{2}};$$

$$c = \operatorname{sh}\beta_0\varphi_{\frac{b}{2}} \cdot \cos\beta_0\varphi_{\frac{b}{2}} + \operatorname{ch}\beta_0\varphi_{\frac{b}{2}} \sin\beta_0\varphi_{\frac{b}{2}};$$

$$d = \operatorname{ch}\beta_0\varphi_{\frac{b}{2}} \sin\beta_0\varphi_{\frac{b}{2}} - \operatorname{sh}\beta_0\varphi_{\frac{b}{2}} \cos\beta\varphi_{\frac{b}{2}}.$$

5. Determinarea coeficientului de creștere a rezistenței

Datorită repartiției neuniforme a densității de curent se obține o mărire a rezistenței barelor, ceea ce se traduce printr-un efect caloric mărit. Determinarea factorului de creștere a rezistenței se obține din raportul

$$k = \frac{\int_s j^2_{c\cdot a}\, ds}{\int_s j^2_{c\cdot c}\, ds}. \quad (25)$$

Cu ajutorul relației (24) se obține :

$$\int_s j^2_{ef.\,c\cdot a} \cdot ds = 4h_e\left(\frac{\operatorname{sh}2\xi + \sin 2\xi}{\operatorname{ch}2\xi - \cos 2\xi}\eta + \right.$$

$$\left. + \frac{\operatorname{sh}2\eta + \sin 2\eta}{\operatorname{ch}2\eta - \cos 2\eta}\xi + 2\right) \quad (26)$$

și pentru curentul continuu repartizat uniform pe secțiune :

$$\int_s j^2_{c\cdot c} \cdot ds = \left(\frac{I}{\Delta b}\right)^2 \cdot \Delta b = \frac{I^2}{\Delta b}.$$

În aceste relații avînd :

$$h_e = \frac{I}{2(\Delta + b)}; \quad \xi = \beta_0\varphi_{\frac{\Delta}{2}}; \quad \eta = \beta_0\varphi_{\frac{b}{2}},$$

se obține în final pentru factorul de creștere k expresia :

$$k = \frac{\Delta b}{(\Delta + b)^2}\left[\varphi(\xi)\frac{b}{\Delta} + \varphi(\eta)\frac{\Delta}{b} + 2\right], \quad (27)$$

unde $\varphi(\xi)$ și $\varphi(\eta)$ sînt funcțiile :

$$\varphi(\xi) = \xi\frac{\operatorname{sh}2\xi + \sin 2\xi}{\operatorname{ch}2\xi - \cos 2\xi}; \quad \varphi(\eta) = \eta\frac{\operatorname{sh}2\eta + \sin 2\eta}{\operatorname{ch}2\eta - \cos 2\eta}.$$

Aceste funcții sînt identice cu funcțiile obținute în teoria efectului pelicular la barele de cupru din ancoșele mașinilor electrice. Alura lor este dată în figura 5. Cu ajutorul relației (27) se poate determina creșterea rezistenței în curent alternativ pentru benzi feromagnetice la care una dintre dimensiunile secțiunii este compara-

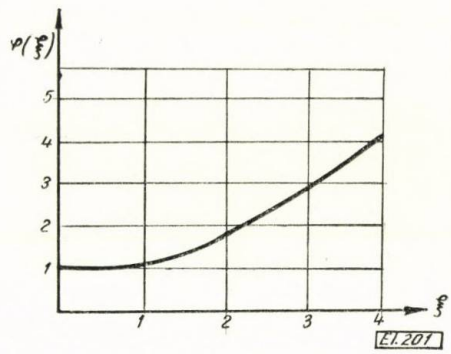


Fig. 5. Funcția $\varphi(\xi)$.

bilă cu dublul adîncimii de pătrundere a cîmpului electromagnetic în materialul respectiv. Cum în cazul specific benzilor lățimea Δ este cu

mult mai mică decît înălțimea b se poate considera $h_x = 0$. Aceasta duce la următoarele relații:

$$h_y(x) = h_e \frac{\operatorname{sh} \beta_0 (j+1) \varphi_x}{\operatorname{sh} \beta_0 (j+1) \varphi_{\frac{\Delta}{2}}}; \quad (28)$$

$$j_x(x) = h_e \beta_0 (j+1) \frac{\operatorname{ch} \beta_0 (j+1) \varphi_x}{\operatorname{sh} \beta_0 (j+1) \varphi_{\frac{\Delta}{2}}}; \quad (29)$$

$$k = \varphi(\xi). \quad (30)$$

Pentru un argument ξ mic, densitatea de curent se repartizează uniform pe secțiunea benzii, și factorul de creștere obține valoarea 1.

6. Încercări experimentale

Pentru încercări s-au folosit benzi din tablă de fier laminată la diferite dimensiuni, încercările efectuîndu-se pentru frecvență și curent variabile. Caracteristicile benzilor sînt date în tabela 1. Pentru a se putea generaliza rezultatele, factorul de creștere se trasează în funcție de doi parametri $p = \sqrt{f \cdot \lambda}$ și $r = h/h_{cr}$. Determinarea rezistenței în curent alternativ s-a făcut prin metoda indirectă, măsurîndu-se pierderile Joule cu un wattmetru etalonat pentru puteri de ordinul zecilor de wați; circuitul bobinei de tensiune a fost alcătuit astfel încît să se determine numai căderea de tensiune ohmică $I R_{c.a}$.

Tabela 1

Datele benzilor feromagnetice încercate experimental

Nr. benzii	Factorul de creștere a rezistenței k	Dimensiunile secțiunii $\Delta \times b$, mm	Conductivitatea λ, $(\Omega\,m)^{-1}$	Adîncimea de pătrundere* Z_k, mm	Domeniul de frecvență utilizat f_{min}–f_{max}, Hz	Valorile extreme ale curentului I_{min}–I_{max}, A
1	variabil (dat în fig. 5)	4 × 20	0,497 10^7	~1,20	21—54	60—200
2	1	1 × 20,6	0,57 10^7	~1,12	21—54	60—200
3	1	1 × 60	0,55 10^7	~1,41	21—54	50—200
4	1	0,5 × 50	0,71 10^7	~1,00	21—54	50—200

* Adîncimea de pătrunderea calculată după Neumann L.P. [2]: la $f = 50$ Hz;

$$z_{0,05} = \sqrt{2} \cdot z_a = \sqrt{2} \frac{1}{\sqrt{\omega \lambda \mu}} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2\pi f \lambda 4\pi 10^{-7} \cdot \mu_r}}.$$

unde:

$\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$ H/m; μ_r – corespunzător unui cîmp magnetic pe conturul secțiunii benzii.

În figura 6 sînt date aceste curbe obținute prin calcul folosind expresia (27). Pentru funcția $\sqrt{\mu_r}$ se consideră curba de magnetizare (fig. 7) ridicată pentru materialul benzilor. Rezultatele experimentale confirmă ipotezele făcute și alegerea metodei de rezolvare a ecuațiilor lui

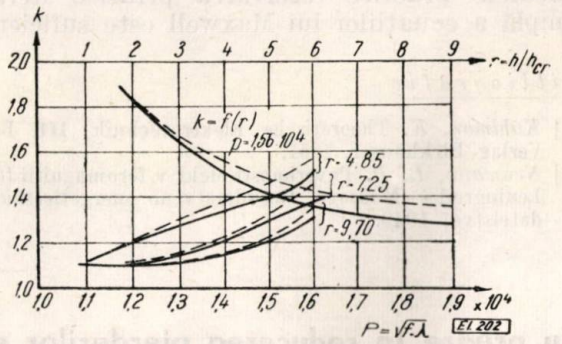


Fig. 6. Curbele comparative, obținute teoretic și experimental, pentru raportul rezistențelor k.

Maxwell pentru cazul particular al benzilor feromagnetice. Eroarea maximă obținută este de 5,9 %, ceea ce permite obținerea unor rezultate satisfăcătoare (curbele experimentale sînt trasate cu linie întreruptă, iar cele teoretice cu linie continuă).

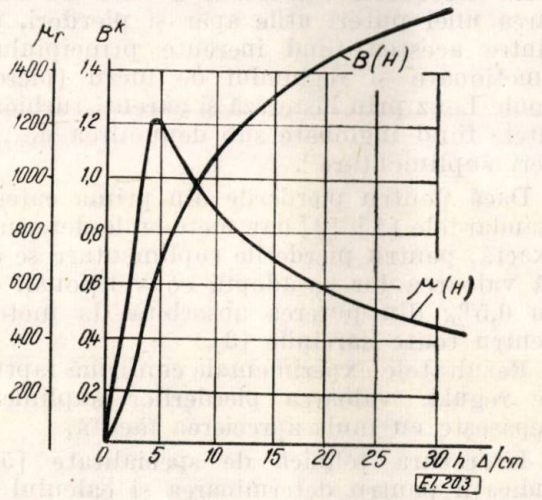


Fig. 7. Curba de magnetizare a benzilor feromagnetice experimentale.

7. Concluzii

Lucrarea de față prezintă studiul efectului pelicular pentru cazul particular al benzilor feromagnetice. Rezolvarea ecuațiilor lui Maxwell printr-o iterație simplă a dus la determinarea densității de curent pe secțiunea benzilor (24), care a permis obținerea coeficientului de mărire a rezistenței în curent alternativ (27), și care duce la rezultate în deplină concordanță cu cele obținute prin încercările experimentale. S-a utilizat relația (27) la studiul reostatului de pornire autoreglabil, bazat pe efect pelicular, pentru pornirea mașinilor asincrone cu

rotorul bobinat. Din punct de vedere teoretic lucrarea a demonstrat faptul că pentru obținerea unor relații care să fie ușor aplicabile în calculele practice rezolvarea printr-o iterație simplă a ecuațiilor lui Maxwell este suficientă.

Bibliografie

[1] *Kuhlman, K.* Theoretische Elektrotechnik, **III**, Basel. Verlag Birkhäuser, 1951.
[2] *Neumann, L. P.* Poverhnosti efekt v feromagnitîi telah, Leningrad — Moscova, Gosudarstveno energeticeskie izdatelstvo, 1949.
[3] *Steidinger, W.* Über Stromverdrängung in Ankernuten, A.f.E., **XII**, nr. 1, 1923.
[4] *Fischer, I,* și *Moser, H.* Die Nachbildung von Magnetisierungskurven durch einfache algebrische oder transcendenten. Funktionen. In: A.f.E., **XIII**, nr. 5. 1956.
[5] *Zickler, K.* Die Berechnung des Wechselstromwiderstandes von Eisenleitern mit Kreisformigen Querschnitt. In: E.u.M., 40, 1919, p. 449 și E.u.M. 14, 1920, p. 165.
[6] *Zickler, K.* Die Berechnung des Wechselstromwiderstandes in massiven Eisenleitern beliebiger Querschnittform. In: E.u.M. 15, 1920, p. 165.
[7] *Krämer, W.* Wirbelströme und Stromverdrängung in massiven Leitern. In: A.f.E., **XXVII**, 1933, p. 405.

Intrat în redacție la 6.XII.1963.

Cu privire la reducerea pierderilor suplimentare în gol la motoarele asincrone

Alexandru Popovici, Gheorghe Tatu, Pavel Nicoară, Ion Băbuția și Victor Crăciunescu* — Timișoara

CZ 621. 313. 333. 017. 39

La motoarele asincrone, o dată cu dezvoltarea unei puteri utile apar și pierderi, unele dintre acestea fiind inerente principiului de funcționare și regimului de lucru (pierderile Joule-Lenz prin histereză și curenți turbionari), altele fiind înglobate sub denumirea de „pierderi suplimentare".

Dacă pentru pierderile din prima categorie, standardele [1], [2] dau metode de determinare exactă, pentru pierderile suplimentare se arată că valoarea lor se adoptă convențional, egală cu 0,5% din puterea absorbită (la motoare), pentru toate sarcinile [3].

Rezultatele experimentale confirmă faptul că, de regulă, valoarea pierderilor suplimentare depășește cu mult aprecierea făcută.

Literatura tehnică de specialitate [5] dă indicații pentru determinarea și calculul principalelor componente ale pierderilor suplimentare, explicînd și cauzele apariției lor.

Practica industrială impune găsirea unor măsuri eficiente menite să ducă la micșorarea pierderilor suplimentare.

Din analiza rezultatelor obținute la standul de încercări reiese că la majoritatea tipurilor de motoare executate există un important număr de exemplare, ai căror parametri nu se încadrează în limitele stabilite. La aceste motoare, efectuîndu-se încercările de tip, s-au obținut performanțe inferioare celor impuse de standarde privind randamentul, cuplul de pornire, încălzirea etc.

Rezultatele nesatisfăcătoare se datoresc, în cea mai mare parte, pierderilor suplimentare a căror valoare este influențată de condițiile complexe de execuție.

În fabricația de serie, depistarea simplă a motoarelor la care valoarea pierderilor suplimentare depășește limita admisibilă se poate efectua pe baza probelor de control, prin măsurarea puterii la mers în gol și compararea ei cu valoarea maximă, stabilită în cadrul probelor de tip.

Variația puterii la mers în gol este cauzată, în general, de pierderile suplimentare specifice acestui regim de funcționare, deoarece celelalte pierderi care apar la mersul în gol se mențin relativ constante, folosindu-se aceleași materiale active.

În diagrama din figura 1 se remarcă dispersia mare de fabricație și numărul important de

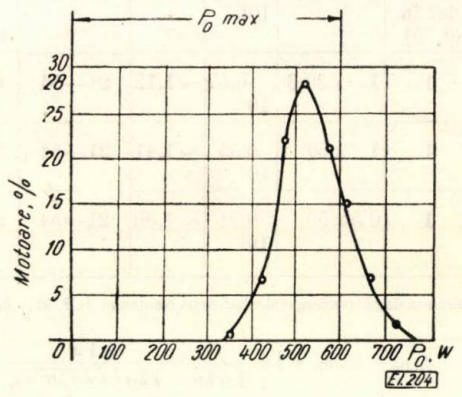


Fig. 1. Variația pierderilor la mers în gol la un număr de 883 motoare TID 14 kW, 1 500 rot/min, avînd rotorul în scurtcircuit.

motoare care nu se încadrează sub valoarea de 600 W — limita maximă admisibilă a pierderilor de mers în gol.

* Ing. *A. Popovici* este directorul întreprinderii „Electromotor"—Timișoara; ing. *Gh. Tatu* este inginer șef adjunct; ing. *P. Nicoară* este inginer șef adjunct; ing. *I. Băbuția* este șeful serviciului laboratoare și ing. *V. Crăciunescu* este constructor șef adjunct la aceeași întreprindere.

Este evident că reducerea pierderilor suplimentare şi restrîngerea domeniului de dispersie constituie o problemă importantă pentru întreprinderile constructoare de maşini electrice. În acest sens, cercetările efectuate în întreprinderea „Electromotor"-Timişoara, în decurs de doi ani, pe un număr mare de motoare de putere mijlocie, au dus la rezultate pozitive care pot fi generalizate şi la alte întreprinderi similare.

Cercetări experimentale

În prima etapă, atenţia a fost concentrată asupra execuţiei corecte a circuitului magenetic al statorului, fiind considerată ca principala zonă în care apar pierderile la mers în gol.

La un lot de 24 bucăţi motoare TID 14 kW, 1 500 rot/min, s-a urmărit să fie respectate în întregime indicaţiile constructive şi tehnologice recomandate de literatura tehnică de specialitate, privind realizarea pachetului de tole, şi anume :

— s-au verificat proprietăţile magnetice şi pierderile în fier ale tablei silicioase folosite ;

— tolele statorice au fost bine debavurate ;

— calitatea izolării tolelor cu lac 202 a fost verificată pe epruvete, măsurîndu-se rezistenţa de izolaţie ;

— presiunea de împachetare s-a încadrat în limitele recomandate : 10—15 kg/cm^2 ;

— pachetul de tole nu a suferit nici o prelucrare ulterioară ca : strunjire, pilirea crestăturilor etc.

Execuţia în toate fazele a fost urmărită de lucrători cu calificare tehnică superioară, pentru garantarea respectării procesului tehnologic.

Este interesant de remarcat faptul că, deşi s-au luat măsuri pentru respectarea prescripţiilor tehnologice clasice, privind execuţia pachetelor de tole statorice, la standul de încercări nu s-au obţinut rezultatele scontate, majoritatea motoarelor din lot depăşind limita admisibilă de 600 W pentru pierderile la mers în gol (tabela 1).

Efectuînd diverse încercări cu motoarele din lotul experimental, s-a observat că, prin schimbarea rotoarelor cu alte rotoare din loturile anterioare de fabricaţie, în unele cazuri s-a obţinut o reducere importantă a pierderilor la mers în gol. În acest mod s-a evidenţiat, practic, influenţa execuţiei rotoarelor asupra pierderilor la mers în gol şi, implicit, asupra pierderilor suplimentare în gol.

Cercetările ulterioare au fost orientate asupra rotorului, urmărîndu-se următoarele obiective :

— creşterea rezistenţei transversale, adică mărirea rezistenţei de contact dintre bare şi circuitul magnetic al rotorului ;

— reducerea amplitudinii armonicelor tensiunii magnetomotoare prin mărirea întrefierului la motoarele asincrone şi îmbunătăţirea calităţii suprafeţei exterioare a rotorului prin reducerea scurtcircuitelor dintre tole, ca urmare a prelucrării suplimentare a rotorului.

În cele ce urmează se dau rezultatele experimentale obţinute pe diferite exemplare din seria veche şi seria nouă de motoare asincrone, cu rotorul în scurtcircuit, de : 10 kW, 1 500 rot/min ; 14 kW, 1 500 rot/min ; 17 kW, 1 000 rot/min ; 22 kW, 1 500 rot/min ; 22 kW, 3 000 rot/min ; 28 kW, 1 500 rot/min ; 28 kW, 3 000 rot/min şi 30 kW, 1 500 rot/min, cum şi din seria de motoare asincrone cu rotorul bobinat, cu ridicător de perii (MIR, TIR) sau fără ridicător de perii (MIF, RIF), de 20 kW, 1 500 rot/min şi 28 kW, 1 500 rot/min.

Rezultate experimentale

1. *Mărirea rezistenţei transversale.* Creşterea rezistenţei transversale şi asigurarea uniformităţii rezistenţei de contact dintre barele de aluminiu şi fierul rotorului, în scopul reducerii pierderilor suplimentare în gol, s-au realizat prin două procedee tehnologice : izolarea tolelor rotorice cu silicat de sodiu şi tratamentul termic al motoarelor turnate sub presiune.

Primul procedeu asigură o execuţie uniformă în procesul de fabricaţie a rotoarelor, constituind o măsură preventivă. Al doilea procedeu se poate aplica asupra întregului lot fabricat, tot ca o măsură preventivă sau numai asupra exemplarelor care nu se încadrează în limitele stabilite pe baza încercărilor de tip anterioare.

1. a. Izolarea tolelor rotorice cu silicat de sodiu. În general, izolarea tolelor rotorice la rotoarele turnate cu aluminiu prezintă dificultăţi, deoarece în timpul turnării sub presiune izolaţia este solicitată. La o temperatură relativ ridicată (aproximativ 600—650°C) apar presiuni şi viteze mari care pot să deterioreze stratul electroizolant.

Dintre materialele izolante care au fost analizate, s-a găsit corespunzătoare soluţia de silicat de sodiu 6%, din punctul de vedere al posibilităţii de procurare, al procesului tehnologic deosebit de simplu şi al rezultatelor obţinute.

Tabela 1

Nr. crt.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
P_0	698	710	670	570	654	630	721	672	740	640	686	632	660	685	800	654	630	630	745	693	636	630	702	620

Prin acoperirea tolei cu o soluție de silicat de sodiu, s-a realizat atît o izolare a tolei în raport cu altă tolă, cît și o depunere de soluție pe conturul crestăturii rotorice. Factorii semnalați au contribuit la creșterea rezistenței de contact dintre tolă și bara rotorică, la reducerea scurtcircuitelor dintre tolele rotorice în zona dinților și, în ansamblu, au dus la reducerea pierderilor suplimentare în gol.

Rezultatele experimentale obținute au arătat că pierderile la mers în gol s-au micșorat simțitor și că maximul curbei de variație a pierderilor s-a deplasat spre valori ale pierderilor mai mici.

Parametrii de la încercarea în scurtcircuit nu au suferit modificări esențiale. Încălzirile s-au încadrat în limitele prevăzute. Cuplul de rotație la toate exemplarele încercate a fost corespunzător. Prin reducerea pierderilor, randamentul maxim a crescut cu 1—2%.

În tabela 2 se prezintă rezultatele obținute în cazul izolării tolelor rotorice cu silicat de

Tabela 2

Nr. motor	P_0, W		I_0, A		P_k, W		I_k, A		U_0, V	U_k, V
	rotor normal	rotor izolat	rotor normal	rotor izolat	rotor normal	rotor izolat	rotor normal	rotor izolat		
32	698	475	7	6,95	3 580	3 520	37	36,3	380	110
42	710	518	6,9	7,1	3 410	3 430	36	36,2	380	110
48	670	442	6,93	6,8	3 460	3 300	36,5	35	380	110
82	570	480	6,93	6,8	3 630	3 520	38	37,5	380	110
120	654	480	6,5	6,73	3 520	3 340	36,2	35	380	110
162	630	480	6,5	6,71	3 650	3 400	37,3	36,1	380	110
202	721	450	6,35	6,9	3 520	3 450	37,3	36,4	380	110
237	672	520	6,9	6,6	3 580	3 450	37,4	36,5	380	110
264	740	438	6,4	6,82	3 620	3 350	37,4	36,1	380	110
285	640	460	6,8	6,7	3 380	3 450	36	36,8	380	110
310	686	494	6,6	6,57	3 500	3 350	36,2	35,6	380	110
332	632	480	6,7	6,63	3 480	3 330	36,5	36	380	110
348	660	440	6,7	6,8	3 540	3 320	36,2	35	380	110
75	685	536	6,8	6,82	3 400	3 380	36,3	35,8	380	110
72	800	480	6,6	6,7	3 300	3 620	35,6	36,4	380	110
302	654	480	6,5	6,5	3 425	3 450	36,3	35,9	380	110
105	630	445	7	6,9	3 510	3 470	36,5	35,8	380	110
54	630	456	6,8	7,1	3 460	3 480	36,2	36,3	380	110

sodiu în raport cu rotoarele executate normal, pentru motoare de 14 kW, 1 500 rot/min. Se precizează că încercările la un motor au fost făcute cu același stator, schimbîndu-se doar rotoarele (fig. 2).

Pentru a se prezenta mai sugestiv efectul izolării tolelor rotorice cu silicat de sodiu, în diagrama comună (fig. 3) se compară variația pierderilor la mers în gol, la lotul de motoare cu rotorul în execuție normală (fig. 1) și la lotul de motoare prezentat anterior (fig. 2), cu tolele rotorice izolate.

Rezultatele corespunzătoare obținute prin izolarea tolelor rotorice au determinat introducerea în fabricația de serie a noului proces tehnologic. Se remarcă faptul că în acest mod s-a rezolvat problema pierderilor suplimentare în gol, la

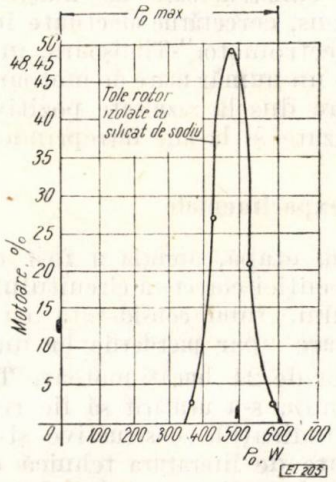


Fig. 2. Repartizarea pierderilor la mers în gol, întocmită pe baza datelor obținute la încercarea a 2 800 bucăți motoare de tipul TID 14 kW, 1 500 rot/min.

un lot de peste 10 000 bucăți motoare de tipul TID 14 kW, 1 500 rot/min. Ulterior, metoda a fost extinsă și la alte tipuri de motoare.

1. b. Tratamentul termic al rotoarelor turnate cu aluminiu

După ce rotoarele au fost turnate și extrase din mașină, se introduc într-un cuptor de recoacere, unde se încălzesc lent, menținîndu-se o oră la temperatura de 500°C. Urmează apoi perioada de răcire lentă.

Procesul de recoacere modifică, din punct de vedere mecanic și chimic, contactul suprafețe-

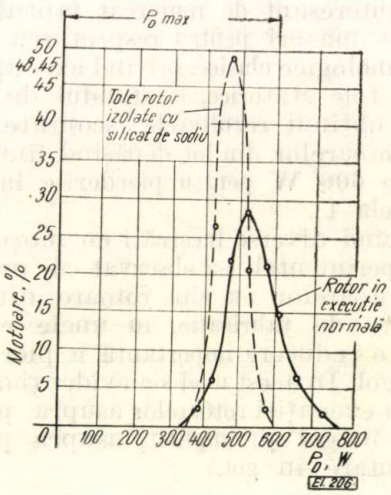


Fig. 3. Variația pierderilor la mers în gol, la lotul de motoare cu rotorul în execuție normală și la lotul de motoare cu tolele rotorice izolate.

lor dintre tole și aluminiul turnat. Datorită coeficienților de dilatare liniară diferiți ai pachetului de tole și ai barei de aluminiu din

crestături, în timpul încălzirii bara se desprinde mecanic de tole și, în continuarea încălzirii, suprafețele laterale ale barei de aluminiu se oxidează. Oxidul de aluminiu, fiind un bun electroizolant, asigură o izolare a barei față de crestătura pachetului rotoric; în acest mod se obține o creștere a rezistenței de contact între bare și fierul rotoric. În plus, tratamentul termic elimină ecruisajul care s-a produs în timpul ștanțării tolelor, iar colivia rotorului de aluminiu se normalizează, corectîndu-se diferențele de structură datorite răcirii neuniforme a materialului din crestătură.

În tabela 3 sînt prezentate valorile rezultate la un lot de motoare înainte de recoacerea rotorului și după recoacere.

Tabela 3

Nr. motor	P_0, W		I_0, A		P_k, W		I_k, A		U_0, V	U_k, V
	fără tratament	cu tratament	fără tratament	cu tratament	fără tratament	cu tratament	fără tratament	cu tratament		
107	750	525	6,7	6,82	3 700	3 780	38,1	38,8	380	110
238	715	485	6,75	6,63	3 580	3 680	36,7	38,6	380	110
158	735	520	6,8	6,8	3 700	3 680	37,6	38,8	380	110
168	645	500	6,7	6,7	3 620	3 740	37,4	38,8	380	110
170	630	545	6,7	6,28	3 625	3 720	36,8	39	380	110
234	570	458	6,63	6,9	3 620	3 730	37	38,8	380	110
125	636	505	6,96	6,65	3 580	3 730	37	38,4	380	110

Se constată că, în urma recoacerii rotorului, pierderile în gol au scăzut în medie cu 120—160 W, toate motoarele încadrîndu-se în limitele impuse de caietul de sarcini al produsului.

Trebuie remarcat faptul că tratamentul termic al rotoarelor duce la o creștere a curentului de scurtcircuit.

În general, la motoarele asincrone există rezerve la acest parametru față de valorile indicate în STAS, ceea ce permite ca tratamentul termic al rotoarelor să reprezinte o posibilitate tehnică ce se recomandă a fi folosită cu succes în vederea reducerii pierderilor în gol la motoarele asincrone în scurtcircuit (fig. 4).

Din figura 4 se constată că domeniul de variație a pierderilor suplimentare în gol se restrînge, lotul este mai uniform și maximul curbei se deplasează spre pierderi în gol mai mici.

În ansamblu, rezultatele experimentale privind creșterea rezistenței transversale și, ca urmare, reducerea pierderilor suplimentare la mers în gol, pot fi sintetizate în diagrama din figura 5, în care se prezintă variația pierderilor la mers în gol, la trei loturi de motoare de același tip, unul în execuție normală, altul cu tole rotorice oxidate și altul cu rotorul tratat termic.

Prin metodele experimentale se constată că domeniul de variație a pierderilor suplimentare la mers în gol s-a redus, majoritatea motoarelor încadrîndu-se în limitele prevăzute.

Din diagramele trasate în figura 5 se evidențiază efectul deosebit al izolării tolelor rotorice cu silicat de sodiu.

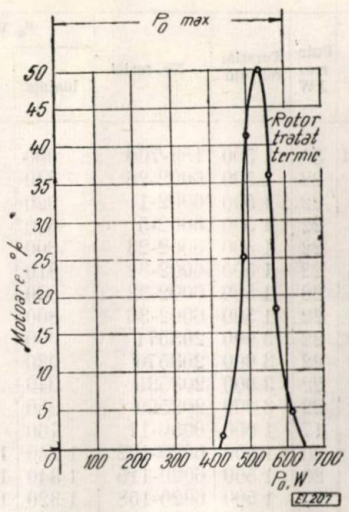


Fig. 4. Repartizarea pierderilor în gol, întocmită pe baza datelor de încercare a 50 bucăți motoare de tipul TID 14 kW, 1 500 rot/min, la care s-a aplicat tratamentul termic al rotorului.

2. *Micșorarea amplitudinii armonicelor tensiunii magnetomotoare.* Reducerea amplitudinii armonicelor tensiunii magnetomotoare s-a realizat prin restrunjirea rotoarelor finite, cu 0,1—0,2 mm pe diametru, lucrîndu-se cu un avans și o adîncime de tăiere mai mici decît la operația anterioară de finisare a rotorului. Prin aceasta s-a presupus că se pot elimina parțial scurtcircuitele existente între tolele de rotor.

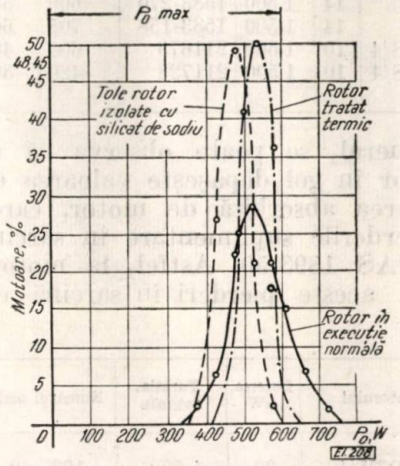


Fig. 5. Variația pierderilor la mers în gol, la trei loturi de motoare de același tip:
în execuție normală; cu tole rotorice oxidate, cu rotorul tratat termic.

Acest fapt contribuie, pe lîngă reducerea amplitudinii armonicelor tensiunii magnetomotoare, la micșorarea pierderilor suplimentare atît în gol, cît și în sarcină.

2. a. Influența restrunjirii rotorului asupra pierderilor în gol. În tabela 4 sînt prezentate valorile pierderilor în gol, înainte și după restrunjire, cum și diferența dintre aceste valori, la tensiunea nominală a motoarelor de 380 V.

Tabela 4

Tipul motorului	Puterea, kW	Turația, rot/min	Nr. seriei	P_0, W		Diferența pierderilor în gol, W
				înainte	după	
ASI 200 M/4	30	1 500	183-760	900	800	100
ASI 200 S/4	22	1 500	6002-28	840	614	226
ASI 200 S/4	22	1 500	6002-1	920	780	140
ASI 200 S/4	22	1 500	6002-5	820	680	140
ASI 200 S/4	22	1 500	6002-23	800	700	100
ASI 200 S/4	22	1 500	6002-32	810	660	150
ASI 200 S/4	22	1 500	6002-33	820	680	140
ASI 200 S/4	22	1 500	6002-36	800	670	130
ASI 200 S/2	22	3 000	203571	900	740	160
ASI 200 S/2	22	3 000	203570	930	840	90
ASI 200 S/2	22	3 000	203535	940	800	140
ASI 200 S/2	22	3 000	203569	950	700	250
ASI 200 S/6	17	1 000	6056-17	760	681	79
MIF 7—4	20	1 500	6020-162	1 240	1 160	80
MIF 7—4	20	1 500	6020-115	1 340	1 280	60
MIF 7—4	20	1 500	6020-158	1 320	1 060	260
MIF 7—4	20	1 500	6020-192	1 260	1 200	60
MIF 7—4	20	1 500	6020-160	1 380	1 260	120
MIF 7—4	20	1 500	6020-190	1 340	1 200	140
MIF 7—4	20	1 500	6020-157	1 520	1 300	220
MIR 7—4	20	1 500	1550-54	618	553	65
MIR 7—4	20	1 500	1889-15	840	700	140
MIR 7—4	20	1 500	1889-13	835	760	75
TIS 7—2	28	3 000	1685-6	960	800	160
TIS 7—2	28	3 000	1685-5	820	680	140
TIS 7—2	28	3 000	1685-19	800	700	100
TIS 7—2	28	3 000	1685-24	980	820	160
TIS 7—2	28	3 000	1685-26	1 000	900	100
TIS 7—2	28	3 000	1685-44	1 000	900	100
TIS 7—2	28	3 000	1685-33	900	720	180
TIS 7—2	28	3 000	1685-41	820	838	82
TIS 7—4	28	1 500	1585-131	1 240	870	370
TIF 7—4	28	1 500	1789-33	1 040	935	105
TID 6—4	14	1 500	1617-257	420	390	30
TID 6—4	14	1 500	1533-270	600	530	70
TID 6—4	14	1 500	1533-158	705	600	105
ASI 160 S/4	10	1 500	211679	600	480	120
ASI 160 S/4	10	1 500	211728	420	390	30

În general, se poate observa că scăderea pierderilor în gol depășește valoarea de 0,5 % din puterea absorbită de motor, care reprezintă pierderile suplimentare în sarcină, conform STAS 1893-50. Astfel, la motorul ASI 200 S/4, aceste pierderi în sarcină calculate sînt de circa 136 W; în realitate prin restrunjire pierderile suplimentare scad în gol cu 100—226 W. Acest fapt dovedește că modul cum se calculează pînă în prezent pierderile suplimentare în sarcină este defectuos. Afirmația că micșorarea pierderilor în gol reprezintă chiar reducerea pierderilor suplimentare în gol, se bazează pe faptul că măsurarea puterii a avut loc pe motorul fără ventilator, iar pierderile Lenz-Joule în bobinajul statorului variază foarte puțin prin restrunjirea rotorului.

Este de remarcat faptul că la motorul TID 1617—257, care a avut pierderile în gol relativ mici înainte de restrunjire, pierderile suplimentare în gol au scăzut puțin, doar cu 30 W. Aceeași observație este valabilă și pentru motorul ASI 160 S/4 211—679. Aceasta înseamnă că dacă operația de strunjire a avut loc în mod corespunzător la finisarea rotorului, restrunjirea lui nu poate determina reducerea pierderilor suplimentare, care, de la început, au o valoare normală.

Ultima constatare este în concordanță cu literatura de specialitate [5], [6], [7], care arată că valoarea pierderilor suplimentare depinde mult de procesul tehnologic utilizat la confecționarea rotorului.

2. b. Modificarea randamentului, a factorului, de putere și a alunecării în urma restrunjirii rotorului. După cum s-a văzut, restrunjirea rotorului are ca efect reducerea pierderilor suplimentare în gol. Acest fenomen duce la îmbunătățirea randamentului nominal, după cum rezultă din tabela 5.

Se constată ușor că după restrunjire valorile factorului de putere nu scad sub limitele impuse decît la un singur tip de motor, care înainte de restrunjire era la limită. Dar și în acest caz, valoarea lui cos φ rămîne superioară celei minim admise.

Prin urmare, operația de restrunjire aplicată rotoarelor în vederea reducerii pierderilor suplimentare nu a determinat o asemenea scădere a factorului de putere încît motorul să devină necorespunzător, ci, în general, valoarea lui cos φ a rămas superioară celei impuse.

Din tabela 5 se observă, de asemenea, că după restrunjire valorile alunecării sînt mai mici la toate tipurile de motoare. Explicația

Tabela 5

Tipul motorului	Puterea, kW	Turația, rot/min	Numărul seriei	Randamentul, %		Factorul de putere			Alunecarea	
				înainte	după	înainte	după	valoarea impusă	înainte	după
ASI 200 M/4	30	1 500	1837-60	91,3	91,88	0,903	0,902	0,880	2,52	2,4
ASI 200 S/4	22	1 500	6002-28	90,3	91,15	0,900	0,885	0,876	2,32	2,12
ASI 200 S/6	17	1 000	6056-17	89,55	89,72	0,854	0,832	0,832	2,40	2,35
MIR 7—4	20	1 500	1550-54	89,40	89,50	0,872	0,863	0,855	2,70	2,65
TIF 7—4	28	1 500	178-993	89,60	90,02	0,880	0,866	0,860	2,31	2,27
TID 6—4	14	1 500	1533-270	88,60	89,35	0,894	0,893	0,880	3,44	3,17
TIS 7—4	28	1 500	1585-131	89,20	90,70	0,877	0,863	0,875	3,10	2,88
TIS 7—2	28	3 000	1685-33	89,80	90,75	0,938	0,938	0,895	2,20	1,93
TIS 7—2	28	3 000	1685-41	90,25	90,60	0,935	0,934	0,895	2,00	1,95

constă în faptul că prin reducerea pierderilor suplimentare în gol a scăzut puterea absorbită a motoarelor, calculată prin metoda pierderilor separate.

2. c. Influența restrunjirii rotorului asupra încălzirii. Una dintre caracteristicile progresului tehnic este utilizarea cît mai judicioasă a materialelor active în mașinile electrice. Acest fapt implică reducerea rezervei la încălzire față de valorile admise de standarde și norme. Din acest punct de vedere metoda de strunjire a rotorului are un aport însemnat, după cum se poate vedea în tabela 6, unde sînt trecute valorile încălzirii bobinajului statoric θ_{Cu_1} și ale bobinajului rotoric θ_{Cu_1}, înainte și după strunjire, cum și diferența de încălzire $\Delta\theta_{Cu_1}$, respectiv, $\Delta\theta_{Cu_1}$.

Se precizează că motorul MIR 7155-4 are ventilator interior, iar celelalte nu au. Deci, scăderea încălzirii nu poate fi asociată cu îmbunătățirea ventilației rotorului prin mărirea întrefierului. Din contră, cedarea căldurii de la rotor spre stator este înrăutățită prin mărirea întrefierului.

2. d. Momentul de pornire și curentul de pornire după restrunjire. Este cunoscut că atît momentul de pornire M_p, cît și curentul absorbit de motorul asincron la pornire I_p, sînt caracteristici importante pentru acesta. De aceea, se cuvine a se analiza influența restrunjirii și asupra acestor mărimi. În acest scop s-au trecut în tabela 7 valorile M_p și I_p înainte, respectiv după restrunjire, cum și raportul dintre ele și valorile nominale.

Se observă că atît momentul de pornire, cît și curentul de pornire cresc în urma restrunjirii, fenomene pe deplin explicabile. Trebuie subliniat însă că valorile I_p/I_n după restrunjire nu depășesc pe cele maxim admise, la nici un tip de motor.

Concluzii

Legile fizice care guvernează fenomenul producerii pierderilor suplimentare fiind complexe, calculul acestor pierderi este anevoios, iar valorile obținute nu sînt întotdeauna cele reale.

În producția de serie, problema cea mai importantă constă în reducerea acestor pierderi, deoarece un număr mare de motoare prezintă caracteristici necorespunzătoare din cauza pierderilor suplimentare.

Cercetările experimentale prezentate în lucrare au permis găsirea unor soluții aplicabile motoarelor asincrone trifazate de putere mijlocie, în vederea reducerii pierderilor suplimentare și deci a îmbunătățirii parametrilor de funcționare.

Totodată se realizează restrîngerea domeniului de variație a acestor pierderi. Soluțiile utilizate sînt simple, putînd fi introduse cu ușurință de toate întreprinderile cu profil similar.

Tabela 6

Tipul motorului	Puterea, kW	Turația, rot/min	Numărul seriei	θ_{Cu_1}		$\Delta\theta_{Cu_1}$	θ_{Cu_1}		Δ_{Cu_1}
				înainte	după		înainte	după	
MIR 7—4	20	1 500	1550-54	53,2	52,7	0,5	68,1	64	4,1
TID 6—4	14	1 500	1533-270	78,1	67,4	10,7			
TIS 7—2	28	3 000	1685-33	72,2	64,2	8,0			
TIS 7—2	28	3 000	1685-41	73,1	63,2	9,9			
ASI 200 M/4	30	1 500	183-760	75	67	8			
ASI 200 S/4	22	1 500	6002-28	75,7	64,9	10,8			
ASI 200 S/6	17	1 000	6056-17	68,3	64,2	4,1			

Tabela 7

Tipul motorului	Puterea/turația kW/rot/min	Numărul seriei	M_p		$M_p\ M_n$		$I_p\ I_n$		
			înainte	după	înainte	după	înainte	după	maxim admis
ASI 200 S/4	22/1500	6002-28	24,6	25,6	1,68	1,8	6,72	7,1	7,8
ASI 200 M/4	30/1500	183-760	35,5	38,1	1,775	1,905	6,58	6,95	7,8
ASI 200 S/6	17/1000	6056-17	34,95	37,55	2,055	2,21	7,32	7,5	7,8
TIS 7—2	28/3000	1685-33	16,25	18,3	1,74	1,97	7,08	7,68	9,6

Bibliografie

[1] STAS 1893-50.
[2] GOST 183-55.
[3] *Jerve, G. K.* Încercările industriale ale mașinilor electrice. București, Editura tehnică, 1961.
[4] *Nurnberg, V.* Ispitanie elektriceskih mașin. Moscova-Leningrad, Gosenergoizdat, 1959.
[5] *Nedelcu, V. N.* Pierderi suplimentare în sarcină în mașinile asincrone. In : Electrotehnica **9**, nr. 12, 1961, p. 423—432.
[6] *Odok, A. M.* Stray Load Losses and Torques in Induction Maschines. In : TAIEE, part. **III**, 77, 1958, p. 43—53.
[7] *Kaazik, P. I.* Dobavocinie poteri v asinchronik mașinih pri nagruzke. In : Trudi L.P.I. **209**, nr. 209, p. 281—299.
[8] *Ostrov, I. L.* Reducerea pierderilor suplimentare ale motoarelor electrice asincrone. București, I.D.T., Probleme noi privind mașinile electrice. Culegere de material documentar, vol. **II**, 1959, p. 43.

Intrat în redacție la 29.XI.1963

Studii privind capacitatea de comutație a întreruptorului IUP—110, în condiții de laborator și de rețea (II) — Încercări de rețea *

D., Cîrstea, B., Máthé, St., Ogrezeanu, A., Pănoiu și C., Tudorache ** — Craiova

CZ 621.316.57.064.3

Construcțiile diferite de camere de stingere ale întreruptoarelor sînt sensibile în mod diferit față de regimurile de comutație speciale, cum sînt: deconectarea liniilor în gol, deconectarea transformatoarelor în gol, deconectarea liniei de cablu, deconectarea defectului kilometric etc. Aceste încercări se pot efectua și în cadrul laboratoarelor moderne de mare putere, dar în lipsa acestuia, de regulă, se recurge la încercări de rețea în diferite puncte din sistem.

Încercările de rețea nu exclud, ci completează încercările de laborator care constituie o bază sigură a îmbunătățirilor constructive succesive ale întreruptoarelor.

Considerații cu privire la fenomenul de comutație în condiții de laborator și rețea

La stingerea arcului electric, fenomenul fizic poate fi caracterizat, pe scurt, prin următoarele: la desfacerea contactelor, cînd are loc prima tentativă de stingere a arcului, capacitatea C care se concentrează în amonte de întreruptor se încarcă. Dacă tensiunea tranzitorie de restabilire intersectează curba de creștere a rigidității dielectrice, în întreruptor se produce o primă descărcare între contacte. Această descărcare inițială nu se transformă însă neapărat în arc electric. La străpungerea distanței dintre contacte, tensiunea pe bornele întreruptorului scade brusc și ionizarea precedentă a intervalului de arc prin cîmp electric se schimbă cu ionizarea prin curentul de descărcare a capacității C. Procesul de transformare a primei descărcări în arc electric (aprinderea și suprimarea arcului) este determinat mai departe de condițiile concrete ale schemei de încercare și de eficiența dispozitivului de stingere, și anume:

a) alimentarea de la sursă a locului de descărcare (determinată în primul rînd de inductanța L care desparte întreruptorul de sursă);

b) fenomenul de descărcare a capacității C de la bornele întreruptorului;

c) faza tensiunii de restabilire corespunzătoare momentului primei descărcări a spațiului dintre contacte;

d) oscilațiile care iau naștere la fenomenul de comutație, în conturul sau în contururile în care se restabilește tensiunea etc.;

e) curentul postarc și fenomenul de creștere a rigidității dielectrice a arcului electric.

După cum se indică în [2], probabilitatea restabilirii arcului electric este cu atît mai mare, cu cît inductanța conturului de restabilire a tensiunii este mai mică, cu cît viteza de alimentare cu energie a locului de descărcare di/dt este mai mare, cu cît energia acumulată în capacitatea C este mai mare, cu cît viteza tensiunii de restabilire dU_R/dt este mai mare sau viteza de creștere a rigidității dielectrice a intervalului de arc este mai mică etc.

În condițiile încercării întreruptorului în laborator sau în rețea, aceste fenomene pot să difere substanțial și pot să ducă la rezultate contradictorii.

Astfel, întreruptorul se comportă în mod diferit dacă la spatele lui se află un transformator cu capacitatea uniform distribuită la masă sau o bobină de reactanță cu capacitatea practic, concentrată la borne. Condițiile de stingere diferă și atunci cînd la bornele întreruptorului se racordează un transformator cu bobinaj continuu sau cu un bobinaj în straturi (capacitatea C este mai mare în cel de-al doilea caz). Dar chiar în cazul transformatoarelor în galeți cu bobinaj continuu, fenomenul de stingere a arcului electric este diferit dacă înfășurarea este tip clasic sau întrețesut (după metoda firmei English Electric), fiindcă în cel de-al doilea caz capacitatea echivalentă C este de cîteva ori mai mare.

Înfășurările transformatoarelor ridicătoare ale laboratoarelor de mare putere, se execută, de regulă în straturi sau în galeți, dar paralel cu bornele înfășurării se conectează o capacitate specială pentru a mai bună repartiție a tensiunii de-a lungul înfășurării. Acest fenomen duce la condiții de încercare mai severe a întreruptoarelor de 110 kV în laborator decît în rețea, în special în condițiile sistemului energetic din R.P.R. (stații relativ mici de transformare, transformatoare cu bobinaj clasic în galeți etc.). Existența unor capacități de cuplaj de înaltă frecvență în stațiile de transformare și de distribuție unde se încearcă întreruptorul, modifică substanțial condițiile de încercare și nu sînt criterii absolute pentru aprecierea efectului

* La efectuarea încercărilor au colaborat instituțiile: I.R.M.E. (colectiv: *A. Ionescu, B. Popa, M. Tendler, M. Cigusevici, I. Mangu, A. Bratu*).
I.C.P.E. (colectiv: I. Marinescu, T. Vascan).
I.E.A. (colectiv: G. Drăgan, I. Adămuț, M. Petcu).
I.R.E.—Galați (colectiv: T. Cahane, V. Fileru și alții).
I.R.E.—Brașov (colectiv: A. Iancu, S. Băneșiu și alții).

** Autorii sînt ingineri la uzinele „Electroputere" — Craiova.

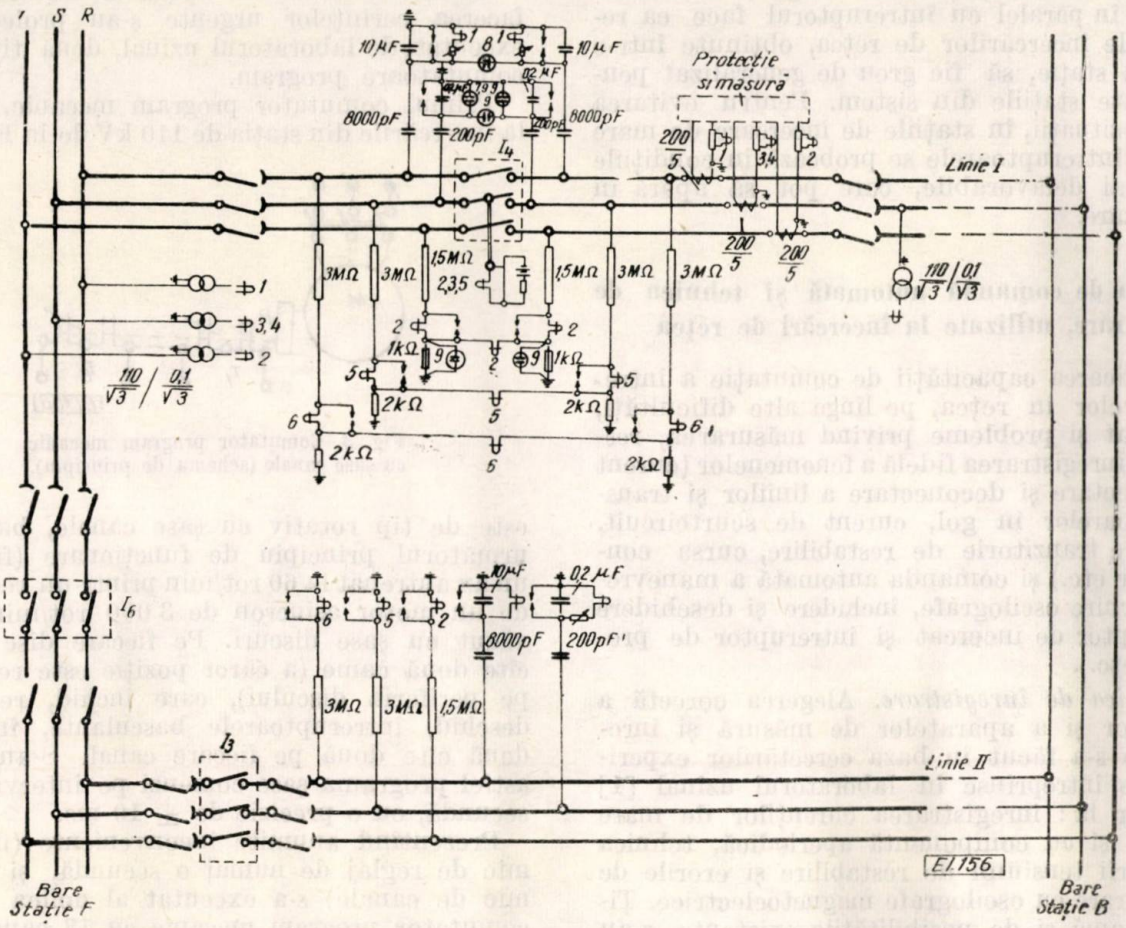


Fig. 1. Schema de principiu a circuitelor primare și secundare, utilizată la încercarea în rețea a întreruptorului IUP-110 cu cameră elastică.

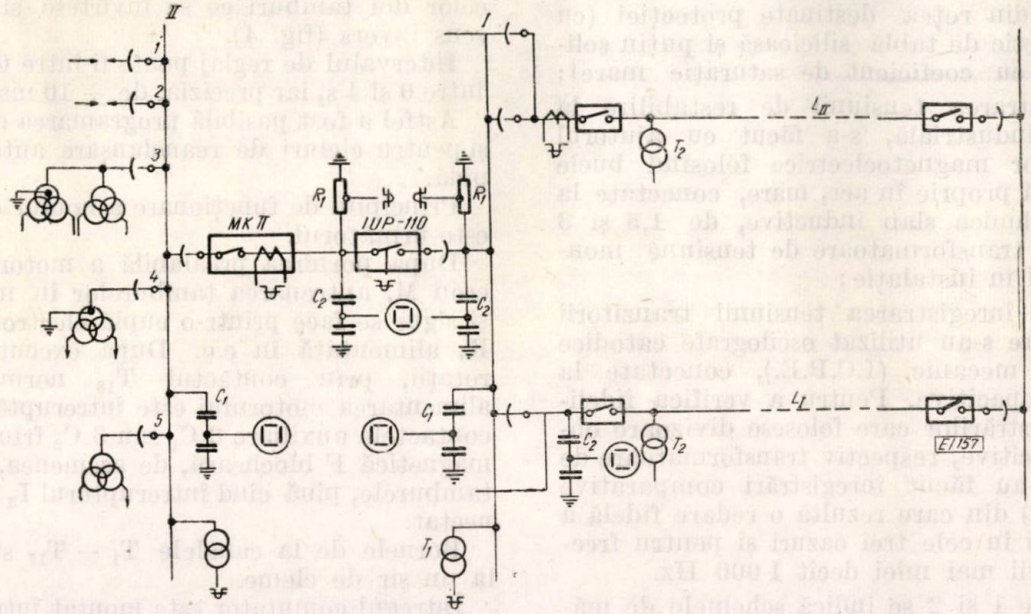


Fig. 2. Schema de principiu a circuitelor primare și secundare, utilizată la încercarea în rețea a întreruptorului IUP-110 cu cameră rigidă.

acestora. Influenţa liniilor lungi şi a multor plecări în paralel cu întreruptorul face ca rezultatele încercărilor de reţea, obţinute într-o singură staţie, să fie greu de generalizat pentru toate staţiile din sistem. Pentru evitarea acestei situaţii, în staţiile de încercare de mare putere întreruptoarele se probează în condiţiile cele mai defavorabile, care pot să apară în exploatare.

Tehnica de comandă automată şi tehnica de înregistrare, utilizate la încercări de reţea

Verificarea capacităţii de comutaţie a întreruptoarelor în reţea, pe lîngă alte dificultăţi, a ridicat şi probleme privind măsurarea, respectiv, înregistrarea fidelă a fenomenelor (curent de conectare şi deconectare a liniilor şi transformatoarelor în gol, curent de scurtcircuit, tensiune tranzitorie de restabilire, cursa contactelor etc.) şi comanda automată a manevrelor (pornire oscilografe, închidere şi deschidere întreruptor de încercat şi întreruptor de protecţie etc.).

Tehnica de înregistrare. Alegerea corectă a utilajelor şi a aparatelor de măsură şi înregistrare s-a făcut în baza cercetărilor experimentale întreprinse în laboratorul uzinal [1] referitor la: înregistrarea curenţilor de mare valoare şi cu componentă aperiodică, tehnica măsurării tensiunii de restabilire şi erorile de înregistrare cu oscilografe magnetoelectrice. Ţinînd seamă şi de posibilităţile existente, s-au stabilit următoarele:

— înregistrarea curenţilor s-a executat cu oscilografe magnetoelectrice conectate direct, sau prin intermediul şunturilor (de curenţi mici) legate în secundarul transformatoarelor de curent din reţea destinate protecţiei (cu miez magnetic de tablă silicioasă şi puţin solicitat, deci cu coeficient de saturaţie mare);

— înregistrarea tensiunii de restabilire la frecvenţă industrială, s-a făcut cu ajutorul oscilografelor magnetoelectrice folosind bucle cu frecvenţă proprie în aer, mare, conectate la divizoare ohmice slab inductive, de 1,5 şi 3 MΩ, sau la transformatoare de tensiune montate normal în instalaţie;

— pentru înregistrarea tensiunii tranzitorii de restabilire s-au utilizat oscilografe catodice cu baleiaj mecanic (I.C.P.E.), conectate la divizoare capacitive. Pentru a verifica fidelitatea înregistrărilor care folosesc divizoare ohmice şi capacitive, respectiv transformatoare de tensiune, s-au făcut înregistrări comparative (la I.C.P.E.) din care rezultă o redare fidelă a fenomenului în cele trei cazuri şi pentru frecvenţe proprii mai mici decît 1 000 Hz.

În figurile 1 şi 2 se indică schemele de măsură utilizate la încercările din staţia de 110 kV de la Focşani, respectiv Braşov.

Tehnica de comandă automată. Pentru satisfacerea cerinţelor urgente s-au proiectat şi executat, de laboratorul uzinal, două tipuri de comutatoare program.

Primul comutator program mecanic, folosit la încercările din staţia de 110 kV de la Focşani,

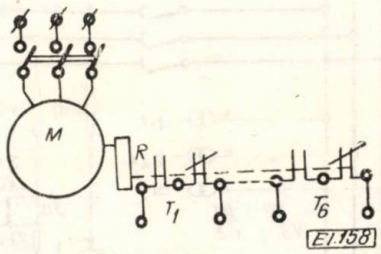


Fig. 3. Comutator program mecanic cu şase canale (schema de principiu).

este de tip rotativ cu şase canale, bazat pe următorul principiu de funcţionare (fig. 3): un ax antrenat la 60 rot/min printr-un reductor, de un motor asincron de 3 000 rot/min, prevăzut cu şase discuri. Pe fiecare disc se află cîte două came (a căror poziţie este reglabilă pe periferia discului), care închid, respectiv deschid, întreruptoarele basculante, înseriate două cîte două pe fiecare canal. S-au putut astfel programa şase comenzi pe interval de o secundă, cu o precizie de ± 10 ms.

Prezentînd anumite inconveniente (interval mic de reglaj de numai o secundă, şi număr mic de canale) s-a executat al doilea tip de comutator program mecanic cu 18 canale (17 active, iar unul folosit pentru autoblocaj).

Închiderea şi deschiderea circuitului de comandă programat, la acest comutator, se execută cu ajutorul unui singur întreruptor, acţionat de came reglabile care se află la periferia celor doi tamburi ce se învîrtesc simultan în sens invers (fig. 4).

Intervalul de reglaj poate fi între 0 şi 1 s sau între 0 şi 4 s, iar precizia, de ± 10 ms.

Astfel a fost posibilă programarea comenzilor şi pentru cicluri de reanclanşare automată rapidă.

Principiul de funcţionare a noului comutator este următorul.

După pornirea prealabilă a motorului asincron M, antrenarea tamburelor în mod precis şi sigur se face printr-o cuplă electromagnetică K, alimentată în c.c. După executarea unei rotaţii, prin contactul T_{18} normal închis alimentarea motorului este întreruptă, iar prin contactele auxiliare 3 C_1 sau 3 C_2 frîna electromagnetică F blochează, de asemenea, automat tamburele, pînă cînd întreruptorul I_3 este deconectat.

Bornele de la canalele T_1 — T_{17} sînt scoase la un şir de cleme.

Întregul comutator este montat într-un pupitru de tablă pe care sînt fixate, accesibil, butoanele de comandă şi lămpile de semnalizare.

Acest comutator s-a folosit la încercările din stația de 110 kV de la Brașov.

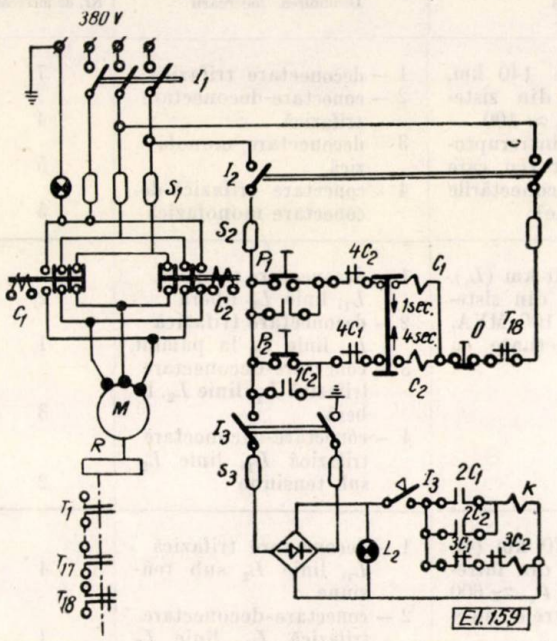


Fig. 4. Comutator program mecanic cu 18 canale (schema de principiu):

M – motor sincron de antrenare; C_1 C_2 – contactoare de sens; *K* – cuplă electromagnetică; *F* – frînă electromagnetică; P_1, P_2 – butoane de pornire; *O* – buton de oprire; I_1, I_2, I_3 – întreruptoare de rețea; L_1, L_2 – lămpi de semnalizare; S_1, S_2, S_3 – siguranțe; T_1, T_{17} – contacte de programare; T_{18} – contact de autoblocaj.

Rezultatele încercărilor în rețea *

Comportarea camerei elastice la comutarea liniilor în gol. Cu întreruptorul IUP-110, echipat cu cameră elastică, reglat și montat în condiții normale, au fost efectuate cîte 24 cicluri de manevre asupra unor linii în gol de 70 și 140 km, alimentate de la surse cu puteri de scurtcircuit diferite (100–500 MVA). Denumirea încercărilor și condițiile de încercare sînt date în tabela 1.

Principalele rezultate ale măsurărilor se dau în tabela 2.

Pe baza oscilogramelor înregistrate la comutarea liniilor în gol se constată că întreruptorul IUP-110, echipat cu cameră elastică, poate deconecta linii în gol de 100–150 km, fără consecințe grave asupra bunei funcționări ulterioare, iar supratensiunile care apar în procesul de comutație sînt de valori normale. Este de remarcat faptul că la niciuna dintre cele 48 de comutații efectuate nu s-a produs amorsarea descărcătoarelor de tip DRVS, montate pe bare.

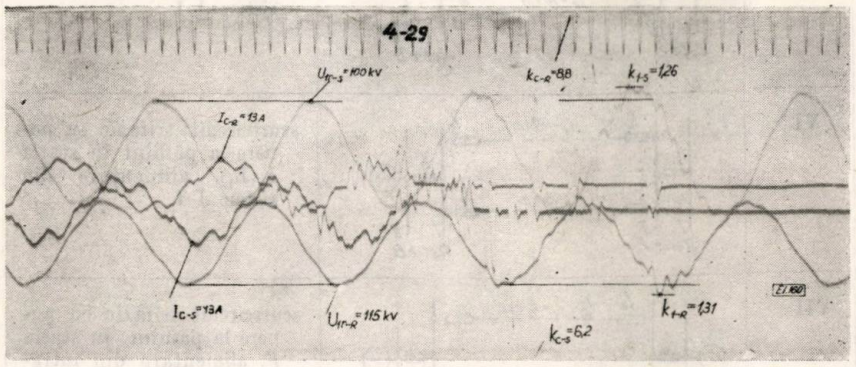


Fig. 5. IUP-110, cu camera elastică: oscilograma manevrei de deconectare a unei linii în gol de 70 km.

Arcul s-a stins după 2–6 reamorsări și reaprinderi (fig. 5) însoțite de șocuri de curent care au atins o amplitudine de 314 A (pentru linia de 70 km) și de 365 A (pentru linia de 140 km). Lungimea arcului de deconectare a variat între 140 și 210 mm (respectiv 23–30% din cursa liberă a contactelor), iar durata arcului, între 0,026 și 0,053 s. La conectarea liniei, lungimea arcului de preamorsare a fost de 100–180 mm, cu o durată de 0,019–0,034 s.

Frecvența de oscilație a tensiunii la începutul și la sfîrșitul liniei a fost de circa 1 kHz (pentru linia de 140 km) și de circa 2 kHz (pentru linia de 70 km). Frecvența tensiunii tranzitorii de restabilire pe partea de alimentare a fost de 0,50–0,55 kHz.

În condițiile arătate s-au înregistrat următorii coeficienți de amplitudine ai supratensiunilor, pentru linia de 70, respectiv 140 km:

– pe partea de alimentare de 1,0–1,72, respectiv de 1,0–2,14;

– la începutul liniei de 1,0–2,53, respectiv de 1,0–2,25;

– la sfîrșitul liniei de 140 km între 1,0 și 3,06.

Valorile mărimilor electrice de mai sus au fost obținute în următoarele condiții: timpul total de închidere 0,127–0,148 s, respectiv de deschidere 0,136–0,153 s și viteza medie la deschidere de 3,4–4,3 m/s.

La reviziile efectuate după această serie de încercări s-au observat ușoare perlări ale contactelor și o micșorare neesențială a rigidității dielectrice a uleiului (de la 120 kV/cm la 100 kV/cm).

Comutarea transformatoarelor în gol. Întreruptorul echipat cu cameră elastică, la încercările de comutare în gol a transformatoarelor [4], a dat supratensiuni mai mari în partea deconectată a circuitului și pe neutrul izolat al transformatorului.

Factorul de amplitudine a supratensiunii (valoarea medie) a fost de circa 3, atingînd, în maximum 1% din cazuri, valoarea de 6.

* În acest capitol se dau numai rezultatele înregistrărilor U.E.P.C. Pentru completare a se consulta și [3].

Tabela 1

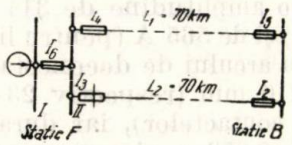
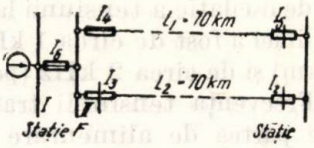
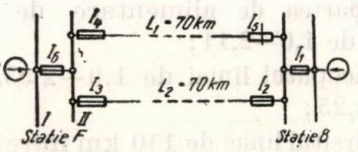
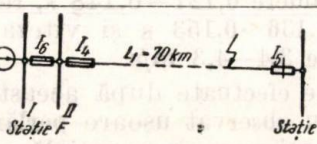
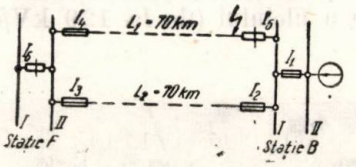
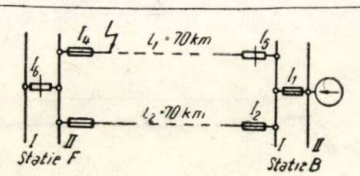
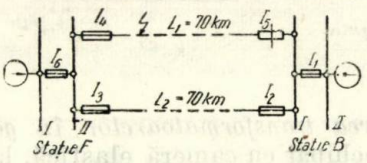
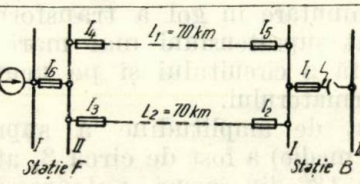
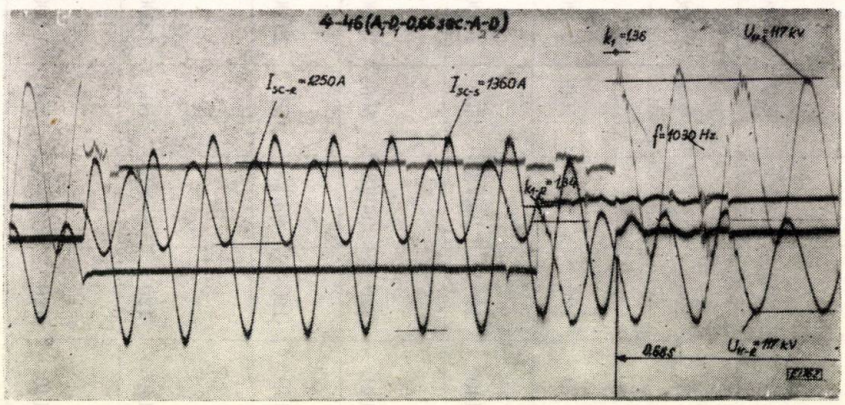
Numărul schemei	Configurația sistemului	Descrierea	Denumirea încercării	Nr. de încercări
I		linie în gol de 140 km, cu alimentare din sistemul II ($P_{sc} \approx 100$ MVA), I_4 – întreruptorul de studiat (cu care s-au efectuat conectările și deconectările)	1 — deconectare trifazică 2 — conectare-deconectare trifazică 3 — deconectare monofazică 4 — conectare trifazică-deconectare monofazică	7 4 5 5
II		linie în gol de 70 km (L_1), cu alimentare din sistemul II, $P_{sc} \approx 100$ MVA. Manevrele efectuate cu I_4	1 — deconectare trifazică L_1, linie L_2 liberă 2 — deconectare trifazică L_1, linie L_2 la pământ 3 — conectare-deconectare trifazică L_1, linie L_2, liberă 4 — conectare-deconectare trifazică L_1, linie L_2 sub tensiune	2 1 3 2
III		linie în gol de 70 km (4), cu alimentare din întregul sistem, ($P_{sc} \approx 600$ MVA). Manevrele efectuate cu I_4	1 — deconectare trifazică L_1, linie L_2 sub tensiune 2 — conectare-deconectare trifazică L_1, linie L_2 sub tensiune 3 — deconectare monofazică, linie L_2, sub tensiune 4 — conectare trifazică-deconectare monofazică, linie L_2 sub tensiune	4 4 4 4
IV		scurtcircuit trifazic cu punere la pământ a circuitului L_1 la stația B, alimentare din sistemul II	1 — deconectare trifazică a scurtcircuitului cu I_4	6
V		scurtcircuit monofazic cu punere la pământ în stația B (L_1), alimentare din sistemul I	1 — deconectarea scurtcircuitului cu I_4	2
VI		scurtcircuit trifazic cu punere la pământ în stația F (L_1), alimentare din sistemul I	1 — deconectare trifazică 2 — RAR trifazic	4 1
VII		scurtcircuit trifazic cu punere la pământ, în stația F, alimentare din întregul sistem ($P_{sc} \approx 600$ MVA)	1 — deconectare trifazică	5
VIII		scurtcircuit monofazic cu punere la pământ, în stația B, alimentare din sistemul II	1 — deconectare monofazică	5

Tabela 2

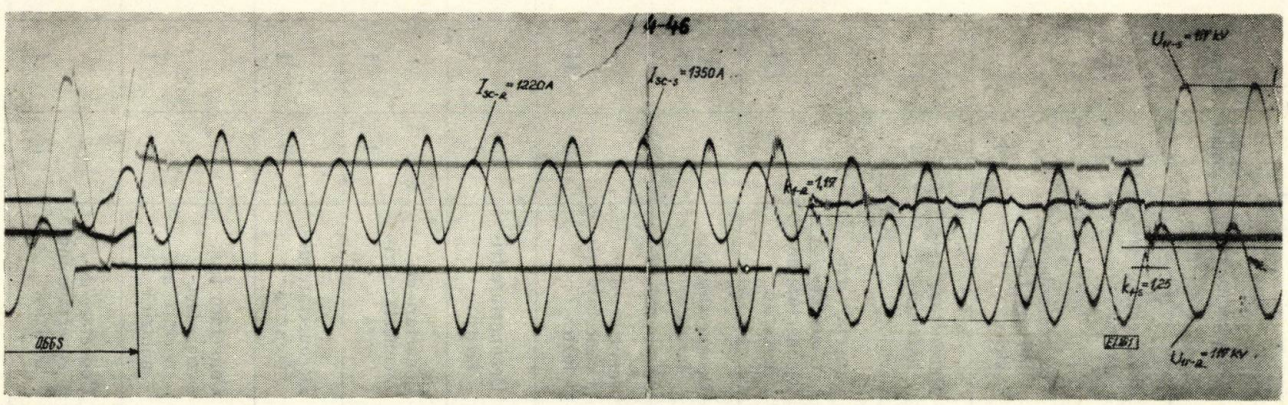
Denumirea încercării	Nr. de încercări	Nr. schemei	L, km	P_{sc}, MVA	U_1, kV	Frecvența tensiunii de restabilire			Coeficientul de supratensiune la deconectare						Curentul de încărcare		
						bare f_1, Hz	început linie f_2, Hz	sfîrșit linie f_3, Hz	bare K_1		început linie K_2		sfîrșit linie K_3		I_c A	soc la deconectare	
									minim	maxim	minim	maxim	minim	maxim		minim A	maxim A
Deconectare trifazică	4	III	70	530	$115/\sqrt{3}$	500	2 000	—	1,00	1,37	1,00	2,20	—	—	14,7	82	241
Conectare-deconectare trifazică	4	III	70	530	$115/\sqrt{3}$	500	2 000	—	1,00	1,47	1,10	2,53	—	—	14,7	114	314
Deconetare monofazică	4	III	70	530	$115/\sqrt{3}$	500	2 000	—	1,00	1,36	1,00	1,52	—	—	14,7	117	187
Conectare trifazică-deconectare monofazică	4	III	70	530	$115/\sqrt{3}$	500	2 000	—	1,00	1,72	1,00	1,75	—	—	14,7	48	272
Deconectare trifazică	4	II	70	120	$115/\sqrt{3}$	500	2 000	—	1,05	1,35	1,23	1,85	—	—	14,7	152	205
Conectare-deconectare trifazică	4	II	70	120	$115/\sqrt{3}$	500	2 000	—	1,05	1,20	1,10	1,46	—	—	14,7	168	210
Deconectare trifazică	7	I	140	120	$96/\sqrt{3}$	500	1 000	1 000	1,00	2,14	1,00	2,25	1,00	3,06	24,5	55	365
Conectare-deconectare trifazică	4	I	140	120	$96/\sqrt{3}$	500	1 000	1 000	1,15	1,61	1,00	1,83	1,00	1,83	24,5	63	224
Deconectare monofazică	5	I	140	120	$96/\sqrt{3}$	500	1 000	1 000	1,81	1,63	1,00	1,26	1,24	1,78	24,5	99	216
Conectare trifazică-deconectare monofazică	5	I	140	120	$96/\sqrt{3}$	500	1 000	1 000	1,08	1,63	1,25	1,30	1,00	2,36	24,5	63	268
Conectare-deconectare monofazică	3	I	140	120	$110/\sqrt{3}$	500	1 000	1 000	1,15	1,36	—	—	1,00	2,45	24,5	72	208

Tabela 3

Denumirea probei	Numărul schemei	Număr de încercări	Valoarea eficace a curentului total de scurtcircuit (la separarea contactelor), kA	Tensiunea de restabilire 50 Hz, kV	Puterea de scurtcircuit, MVA	Tensiunea tranzitorie de restabilire		
						factorul de amplitudine, K	frecvenţa proprie, Hz	panta, v/μs
Anclanşare-declanşare (scurtcircuit trifazat la staţia *B*)	IV	4	0,40 – 0,49	$103/\sqrt{3}$	71 – 87	1,1 – 1,74	375 – 400	100 – 130
RAR (scurtcircuit trifazat *ID* – 1,25 s – *ID*, la staţia *B*)	IV	2	0,31 – 0,49	$103/\sqrt{3}$	55 – 87	1,2 – 1,64	375 – 400	120 – 150
Anclanşare-declanşare (scurtcircuit monofazat – faza S la staţia *B*)	V	2	0,89 – 0,91	$122/\sqrt{3}$	echivalent 188 – 192	1,2 – 1,50	950 – 1 090	60 – 430
Anclanşare-declanşare (scurtcircuit trifazat la staţia *F*)	VI	4	1,30	$118/\sqrt{3}$	265	1,3 – 1,70	1 000 – 1 100	415 – 470
Anclanşare-declanşare (scurtcircuit trifazat la staţia *F*)	VII	5	2,6 – 2,70	$116/\sqrt{3}$	520 – 540	1,2 – 1,50	–	–
RAR (scurtcircuit trifazat *ID* – 0,66s – *ID* la staţia *F*)	VI	1	1,4 – 1,48	$116/\sqrt{3}$	280 – 296	1,4 – 1,57	1 030	500 – 640
Anclanşare-declanşare (scurtcircuit monofazat la staţia *F*)	VIII	faza T 2	0,41 – 0,48	$115/\sqrt{3}$	echivalent 82 – 95	1,1 – 1,55	–	–
		faza R 2	0,7	$115/\sqrt{3}$	echivalent 140	1,1 – 1,30	–	–



a



b

Fig. 6. IUP-110, cu cameră elastică: oscilograma întreruperii scurtcircuitului la borne în ciclul *ID* – 0,66 s – *ID*: *a* – manevra D_1; *b* – manevrele A_2 D_2

Cele mai mari supratensiuni apar pe neutrul transformatorului la care au funcționat deseori și descărcătoarele de protecție contra supratensiunilor atmosferice.

Întreruperea curenților de scurtcircuit. La aceste încercări s-a urmărit comportarea întreruptorului la ruperea curenților mici (din zona critică) și la ruperea curenților mari (spre limita puterii de rupere nominală), în vederea obținerii de date experimentale pentru stabilirea periodicității reviziei în exploatare. Încercările și condițiile de încercare sînt arătate în tabela 1, iar principalele rezultate ale măsurărilor, în tabela 3.

Se constată că întreruptorul a rupt curenți între 0,4 și 2,7 kA, la o tensiune de restabilire de frecvență industrială de 103—122 kV (putere de rupere între 71 și 540 MVA). Durata arcului la deschidere a fost de 0,032—0,073 s, iar lungimea, de 125—250 mm. După un ciclu de cinci închideri și deschideri trifazice, la o putere de circa 550 MVA, la care întreruptorul s-a comportat normal, s-a efectuat ciclul ID — 0,66 s — ID, la o putere de circa 300 MVA, la care întreruptorul a lichidat scurtcircuitul prin întreruperea definitivă a arcului. La ultima manevră de deschidere, s-a deteriorat însă faza care în timpul încercărilor în rețea efectuase cu 30% mai multe manevre asupra liniilor în gol și de scurtcircuit, față de celelalte două faze. La această fază, arcul s-a menținut timp de 0,11 s, atingînd o lungime de 320 mm (55% din cursa liberă a contactelor), după care a fost stins (fig. 6).

La revizie, după aceste probe s-a constatat ruperea cilindrului de pertinax, în care este introdusă camera de stingere, și deteriorarea unor piese ale camerei de stingere, necesitînd înlocuirea lor. Analiza cauzelor acestor defecțiuni, a dus la presupunerea că cea mai probabilă cauză a fost o defecțiune de fabricație, ascunsă, a cilindrului izolant, în zona de asamblare.

La încercările amintite s-au măsurat: frecvența tensiunii tranzitorii de restabilire de 0,38—1,1 kHz, factorul de amplitudine de 1,1—1,74 și panta tensiunii tranzitorii de restabilire de 100—600 V/μs.

Comportarea camerei rigide. În etapa a II-a s-a încercat în rețea întreruptorul IUP-110 cu cameră rigidă (varianta a II-a). În execuția constructivă a celor trei camere au existat mici deosebiri, și anume:

— faza R: cilindrul camerei a fost executat din țesătură de sticlă și rășină epoxidică, cu șase orificii de suflaj; discurile au fost executate din plăci de sticlă-textolit prin prelucrări mecanice; cilindrii distanțori dintre discuri au fost executați din pertinax;

— faza S, este similară cu faza R, însă discurile au fost executate din partinax, iar numărul de orificii transversale a fost redus la trei;

Tabela 4

Denumirea încercării	Nr. de încercări	Lungimea liniei L, km	Tensiunea la bare, U_1 kV	Coeficientul de supratensiune K_1	K_2	K_3	Frecvența de oscilație f_1, Hz	f_2, Hz	f_3, Hz	Reamorsări și reaprinderi număr	K_{imax}	Durata arcului I, ms	D, ms	Timpii t_3, ms	t_4, ms	Viteza medie V_I m/s	V_D m/s
Deconectare trifazică	10	126	$85/\sqrt{3}$	1,0—1,44	1,0—3,2	—	550—650	1 100—1 200	—	0—6	1,5—5,7	—	10—17	103—107	123—137	—	5,7 5,5
Deconectare trifazică	13	126	$85/\sqrt{3}$	1,0—1,54	1,0—2,8	—	570—590	—	—	1—4	1,5—1,75	—	10—16	—	—	—	—
Conectare trifazică-deconectare monofazică	16	126	$85/\sqrt{3}$	1,0—1,46	1,0—2,5	—	500—600	—	—	1—5	1,5—5,6	2—5	5—22	97—103	107—115	5,5—6,2	5,5 5,7
Deconectare trifazică	15	252	$90/\sqrt{3}$	1,0—1,42	—	1,1—2,25	1 070—1 200	—	575—600	1—5	1,1—4,75	—	9—23	100—108	130—142	—	5,9 5,4
Conectare-deconectare trifazică	11	252	$90/\sqrt{3}$	1,0—1,45	—	1,13—1,93	1 070—1 100	—	580—600	1—3	1,2—4,4	3—5	8—22	110—118	153—163	5,6—5,9	5,3 5,0

Notații:

K_1 — coeficientul de supratensiune pentru tensiunea la bare;
K_2 — coeficientul de supratensiune pentru tensiunea la începutul liniei;
K_3 — coeficientul de supratensiune pentru tensiunea la sfîrșitul liniei;
f_1 — frecvența de oscilație pentru tensiunea la bare;
f_2 — frecvența de oscilație pentru tensiunea la începutul liniei;
f_3 — frecvența de oscilație pentru tensiunea la sfîrșitul liniei;
K_{imax} = valoarea maximă a curentului de reamorsare sau reaprindere / valoarea maximă a curentului capacitiv permanent
t_3 — timpul pentru cursa totală;
t_4 — timpul total al manevrei (de la darea impulsului — sfîrșitul cursei);
V_I — viteza medie a contactelor mobile la închidere;
V_D — viteza medie a contactelor mobile la deschidere.

— faza T este similară cu faza S, însă discurile 2 și 3 dinspre tulipă au fost prevăzute cu orificii suplimentare de suflaj axial.

Întreruptorul a fost reglat normal, obținîndu-se valori pentru parametrii cinematici în limitele indicate în [1] și montat în stație pentru încercări.

conectare și de deconectare a unui transformator în gol de 16 MVA, 110/16,5 kV. Din prelucrarea oscilogramelor nu s-au constatat supratensiuni pe partea de alimentare.

Supratensiuni mai însemnate au apărut pe bornele primare și secundare ale transformatorului și, în special, pe neutrul acestuia.

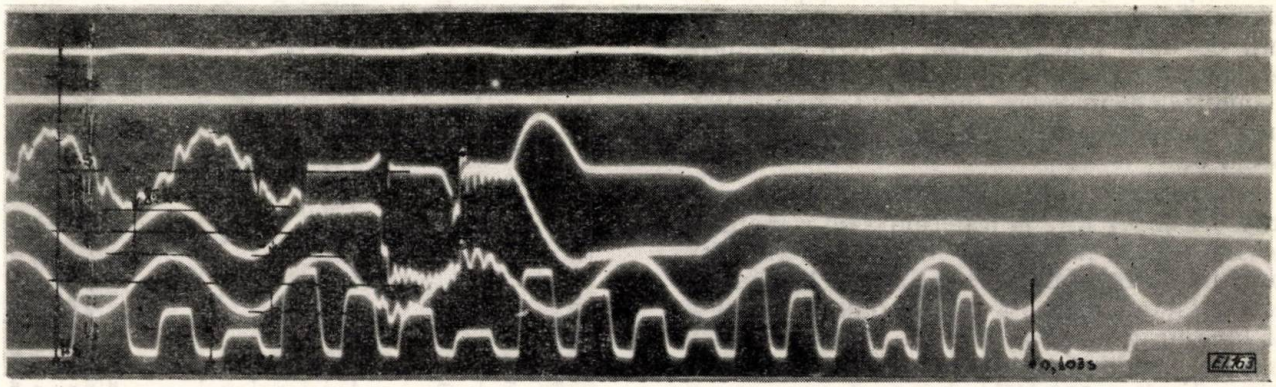


Fig. 7. IUP—110, cu cameră rigidă. Oscilograma deconectării unei linii în gol de 126 km, faza *S*.

Comutarea liniilor în gol. Întreruptorul a efectuat 39 de cicluri de manevre asupra unei linii de 126 km (curent capacitiv 20 A) și 26 de cicluri de manevre asupra unei linii de 252 km (curent capacitiv 44 A). În tabela 4 se dau principalele rezultate ale ciclurilor de manevre specificate.

În timpul încercărilor nu s-au produs defecțiuni în funcționarea întreruptorului. Ruperea curenților de 20 și 44 A s-a produs cu o durată a arcului de 0,008—0,023 s și un număr de reamorsări și reaprinderi de 0—6 (în majoritatea cazurilor 1—2) figura 7.

Comutarea curenților de scurtcircuit. Pentru studierea completă a performanțelor de rupere ale camerei rigide în diferite condiții de scurtcircuit, întreruptorul a efectuat anumite cicluri de manevre întrerupînd scurtcircuite existente la 126 (fig. 8), 3,1; 1,8 și 0,9 km și la borne.

Încercările și rezultatele se dau în tabela 5.

La întreruperea scurtcircuitelor pe linie (126—0,9 km, 200—450 MVA), arcul a fost stins în 0,015—0,030 s, cantitatea de gaze eșapate fiind neînsemnată. Nu s-au semnalat defecțiuni în funcționarea întreruptorului.

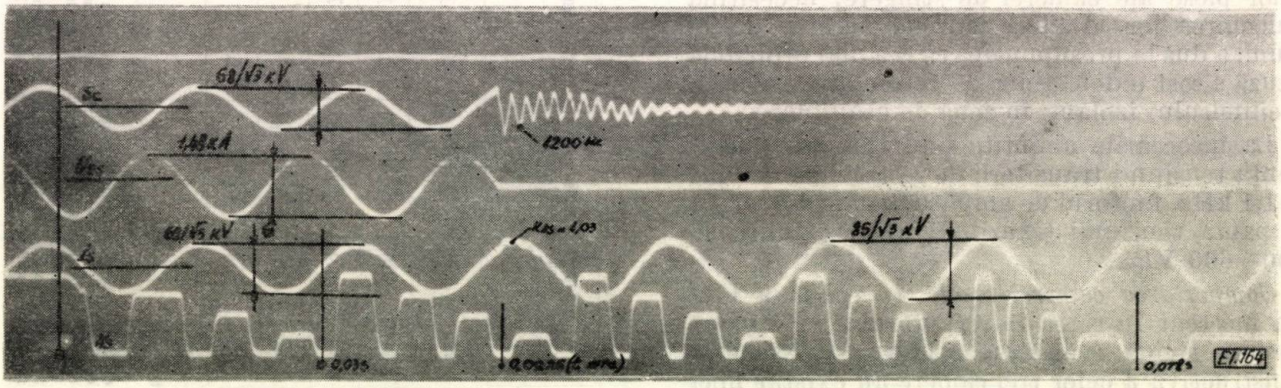


Fig. 8. IUP—110, cu cameră rigidă: oscilograma manevrei D_2 din ciclul $D_1 - 0{,}6$ s $- I_2$ D_2 la întreruperea scurtcircuitului îndepărtat (126 km, faza *S*).

Supratensiunile care au apărut n-au fost periculoase pentru izolația stației și a liniilor — coeficientul de supratensiune fiind la bare 1,0—1,54, la începutul liniei 1,0—3,2 și la sfîrșitul liniei 1,1—2,25.

Comutarea transformatoarelor în gol. În această etapă, întreruptorul a efectuat manevre de

La întreruperea scurtcircuitului de la borne (900—1 000 MVA) arcul a fost stins în 0,012—0,030 s la prima manevră de deschidere din ciclul D—0,6 s — ID și în 0,020 — 0,066 s la cea de-a doua manevră de deschidere a aceluiași ciclu. S-a observat eșaparea unor mici cantități de gaze și de ulei.

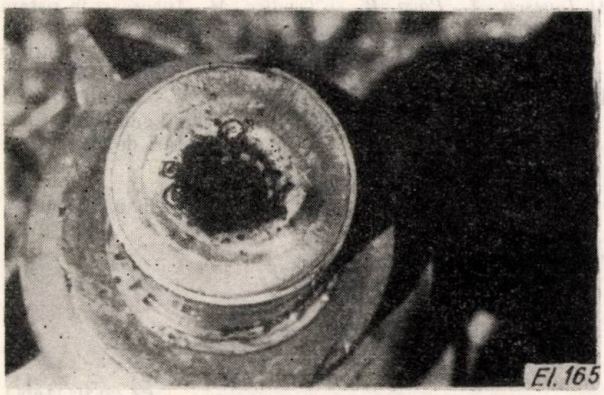
Tabela 5

Denumirea probei	Nr. de încercări	Valoarea eficace a curentului total de scurtcircuit (la separarea contactelor), kA_{ef}	Tensiunea de restabilire 50 Hz, kV_{ef}	Tensiunea tranzitorie de restabilire			Puterea de scurtcircuit, MVA	Locul de scurtcircuit, km
				factor de amplitudine, K	frecvenţa, kHz	panta, V/μs		
D_{RST}	2	1,43	$86/\sqrt{3}$	1,18	1,08	—	208	126
D_R	2	—	—	—	—	—	—	126
D_{RST} (0,50 s) ID_{RST}	1	1,46	$87/\sqrt{3}$	1,05	1,15	—	220	126
D_S (0,60 s) ID_S	—	1,30	$88/\sqrt{3}$	1,03	1,10	—	200	126
D_T (0,60 s) ID_T	1	—	—	—	—	—	—	126
D_{RST} (0,59 s) ID_{RST}	1	2,95	$87/\sqrt{3}$	1,21	0,88	58	445	0,9
D_R (0,60 s) ID_R	1	—	—	—	—	—	—	0,9
D_S (0,60 s) ID_S	1	—	—	—	—	—	—	0,9
D_{RST} (0,50 s) ID_{RST}	1	2,55	$82/\sqrt{3}$	1,18	0,76	59	360	1,8
D_R (0,50 s) ID_R	1	—	—	—	—	—	—	1,8
ID_{RST} (0,53 s) ID_{RST}	1	2,50	$82/\sqrt{3}$	1,29	0,68	—	355	3,1
D_R (0,50 s) ID_R	1	—	—	—	—	—	—	3,1
D_S (0,53 s) ID_S	1	2,78	$80/\sqrt{3}$	1,15	—	—	385	3,1
D_T (0,50 s) ID_T	1	2,25	$80/\sqrt{3}$	1,07	—	—	315	3,1
D_{RST} (0,57 s) ID_{RST}	1	5,60	$99/\sqrt{3}$	1,20	0,79	134	960	la borne
D_{RST} (0,54 s) ID_{RST}	1	5,51	$100/\sqrt{3}$	1,30	0,78	92	960	la borne
D_{ST} (0,56 s) ID_{ST}	1	4,92	$104/\sqrt{3}$	1,18	0,77	112	885	la borne

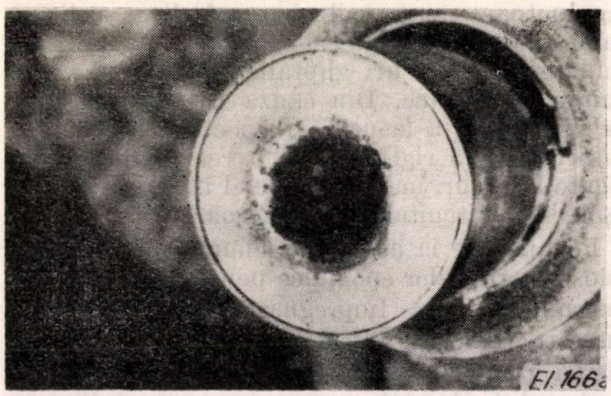
Observaţie. Tot cu acest întreruptor au fost efectuate şi manevrele de conectare şi de deconectare ale transformatorului 16 MVA, 110/16,5 kV cu secundarul în scurtcircuit pentru verificarea stabilităţii la scurtcircuit a acestuia, cu care ocazie nu s-au produs defecţiuni la întreruptor.

În timpul încercărilor, întreruptorul a fost revizuit după :

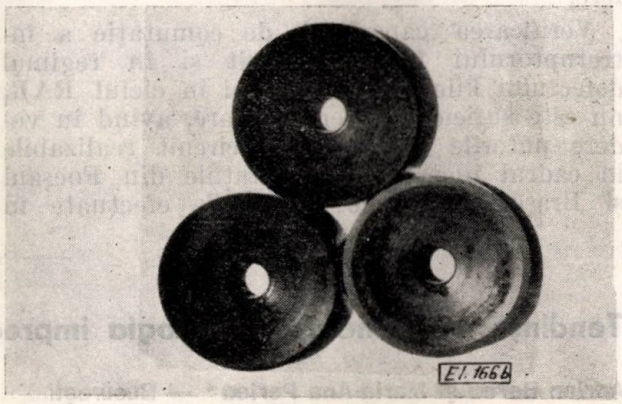
— comutarea liniilor în gol şi întreruperea scurtcircuitului îndepărtat (126 km), cu care ocazie s-au constatat uşoare perlări ale tulipelor şi ale primelor discuri ale camerelor de stingere (fig. 9);



a



b



c

Fig. 9. IUP—110 cu cameră rigidă ; aspectul unor repere la revizie după deconectarea liniilor în gol şi a scurtcircuitului îndepărtat :

a — tulipa fazei *R* ; *b* — tulipa fazei *S* ; *c* — primele trei discuri ale fazei *S*.

— întreruperea scurtcircuitelor apropiate (0,9 şi 1,8 km). Nu au fost observate alte defecţiuni ale camerelor de stingere ;

— întreruperea scurtcircuitului apropiat (3,1 km) şi la borne. Nu s-au observat arsuri ale cilindrilor camerelor de stingere ; primele discuri au prezentat urme de carbonizări locale. Tulipele şi vîrfurile de contact au prezentat perlări pronunţate însă cu posibilitatea bunei

funcționări în continuare. La faza R s-a deformat un distanțor dintre discuri, care s-a înlocuit. Cu această singură înlocuire și după regenerarea uleiului, întreruptorul a fost folosit la încercarea transformatorului de 16 MVA, 110/16,5 kV.

Concluzii

La deconectarea liniilor în gol cele două tipuri constructive de întreruptoare, întreruptorul cu cameră rigidă și întreruptorul cu cameră elastică, au dat supratensiuni aproximativ egale. Întreruptorul cu cameră elastică însă a avut mai multe reaprinderi și reamorsări ale arcului față de întreruptorul cu cameră rigidă.

La deconectarea unui transformator de 16 MVA în gol întreruptorul cu cameră rigidă s-a comportat mult mai bine decît cel cu cameră elastică, încercat în R.S.C. [4]. Întreruptorul cu cameră rigidă, confecționată din țesătură de sticlă cu rășini sintetice, din punctul de vedere al reviziilor, este mult superior celui cu cameră elastică, confecționată din pertinax sau din textolit. Încercările întreruptoarelor cu cameră elastică și rigidă au dovedit că principala condiție pe care trebuie să o îndeplinească camera de stingere este rezistența mecanică foarte ridicată. Camera de stingere trebuie să reziste la șocuri de presiune foarte mari, de ordinul sutelor de atmosfere.

Verificarea capacității de comutație a întreruptorului în scurtcircuit și în regimul defectului kilometric, chiar și în ciclul RAR, nu este suficient de edificatoare, avînd în vedere puterile mici de scurtcircuit realizabile în cadrul încercărilor la stațiile din Focșani și Brașov. Față de încercările efectuate în condiții de laborator, încercările întreruptorului IUP—110 în sistemul energetic au scos în evidență o serie de dezavantaje ale încercărilor de rețea, și anume :

— în condițiile rețelei nu se pot realiza cele mai adecvate scheme și regimuri de încercare ;

— severitatea condițiilor de încercare în sistem nu este reglabilă ca în laborator ;

— în sistemul energetic al R.P.R. nu sînt puncte unde să fie posibilă verificarea capacității de comutație a întreruptorului IUP—110 în condiții nominale de rupere (la tensiunea maximă de lucru, la curent nominal de rupere, la factor de putere sub 0,1 și la frecvențe proprii suficient de mari) ;

— în rețea nu se pot obține componente mari aperiodice ale curentului de scurtcircuit. Verificarea capacității de rupere asimetrice a întreruptorului este imposibilă ;

— efectuarea încercărilor în sistem este lipsită de operativitate, fiindcă aceste încercări produc, de regulă, perturbări inadmisibile în funcționarea normală a rețelei.

Bibliografie

[1] *Cîrstea, D. Máthé, B., Ogrezeanu, St., Pănoiu, A.* și *Tudorache, C.* Studii privind capacitatea de comutație a întreruptorului IUP—110 în condiții de laborator și rețea (I). Încercări de laborator. In : Electrotehnica, nr. 4, 1964, p. 132—141.

[2] *Máthé, B.* și *Máthé, S.* Încercări privind capacitatea de comutație a întreruptoarelor de înaltă tensiune. București, I.D.T., 31/1523, 1963.

[3] *Ionescu, A., Popa, B.*, și *Tendler, M.*, Încercări în sistem pentru determinarea comportării întreruptorului IUP—110 la declanșarea liniilor în gol și la ruperea curenților de scurtcircuit. În : Energetica, nr. 7, 1963, p. 373—385.

[4] *Costina, D., Máthé, B.*, și *Stanciu, V.* Studii privind problema reducerii nivelului de izolație al echipamentului stațiilor de 110 kV. În : Studii și cercetări de energetică, nr, 1, 1963.

Intrat în redacție la 03.01.1964

Tendințe moderne în tehnologia impregnării micromotoarelor

Adrian Bercu și **Maria-Ana Perlea** * — București

CZ 621.313.17.048.1

Micromotoarele sînt folosite în mare măsură la aparatele electrocasnice cu producție de mare serie : aspiratoare de praf, mașini de spălat, mașini de cusut etc. Ele sînt de puteri între 50 și 300 W și sînt supuse la solicitări termomecanice foarte intense. De pildă, micromotoarele de la aspiratoarele de praf au un număr mare de porniri pe unitatea de timp și lucrează, în plus, într-un mediu de praf.

Schemele clasice de izolații ale acestor micromotoare folosesc pentru bobinajele rotorice conductoare cu emailuri tereftalice, poliuretanice sau poliamidice. Rotorul întreg este impregnat în lacuri gliptalice, de obicei, prin simpla imersiune. Din cauza capacității slabe de cimentare a lacurilor respective, bobinajele rotorice au o rigidizare și o rezistență insuficiente la șocuri mecanice, astfel încît se produce ușor scurtcircuitarea conductoarelor.

Pornind de la aceste deficiențe s-a trecut la folosirea rășinilor epoxidice pentru impregnarea micromotoarelor. Impregnarea prin imersiune nu este indicată, întrucît rămîne un strat de rășină pe colector și pe părțile exterioare ale pachetului de tole, strat care înrăutățește

* Ing. *A. Bercu* este șef de laborator la Institutul de cercetări și proiectări electrotehnice, iar ing. *M. A. Perlea* este cercetător la același institut.

transmisia căldurii. În afară de aceasta, mai prezintă şi dezavantajul pierderilor de material de impregnare, datorită scurgerilor de pe micromotoare după operaţia propriu-zisă de impregnare.

Înglobarea, sau mai bine zis turnarea în forme, are la fel dezavantajul formării unei pelicule relativ groase de răşină.

Un procedeu modern de impregnare a micromotoarelor este „metoda prin picurare". În acest scop se foloseşte o răşină epoxidică foarte fluidă însă cu întărire rapidă, cu caracteristici dielectrice ridicate şi, mai ales, cu proprietăţi termomecanice foarte bune. Datorită acestui procedeu se elimină atît stratul exterior cît şi risipa de material, datorită surplusului de lac de impregnare pentru baia de imersiune.

Stadiul actual în tehnica mondială

În fabricile mari din Europa se foloseşte pe scară largă metoda impregnării prin „picurare" a micromotoarelor, cu răşini sintetice.

În acest scop s-au construit instalaţii complet mecanizate şi cu un grad ridicat de automatizare, care asigură o productivitate foarte ridicată.

Astfel, firma „Dr. Beck-Hamburg" [6] (tabela 1) prezintă o astfel de instalaţie com-

Tabela 1

Tipuri de instalaţii de impregnare prin metoda picurării

Caracteristici	Exemplul 1	Exemplul 2	Exemplul 3
Diametrul pachetului de tole, mm	35	34	50
Lungimea canalului (crestăturii), mm	17	38	52
Numărul canalelor, bucăţi	12	10	13
Diametrul sîrmei, mm	0,15	0,3	0,5
Numărul sîrmelor/canal, bucăţi	250	135	95
Puterea de încălzire, W	3 600	3 600	2 700
Tactul benzii transportatoare, s	35	65	120
Debitul de pompare, g/min	10	10	15
Tactul de pompaj, s	25	55	110
Cantitatea de răşină consumată, g	42	42	27,5
Capacitatea instalaţiei, rotoare/8 h	825	44	240
Durata, min/bucată	0,6	1,1	2

plet automatizată, pentru micromotoare cu diametrul pachetului de tole între 30 şi 500 mm, la care corespunde producţia de 240 şi 825 bucăţi rotoare/un schimb de 8 h. Într-un an la un regim de lucru de numai un schimb pe zi corespunde o producţie de circa 72 000 — 250 000 microtoare. De menţionat că gabaritele unei astfel de instalaţii nu sînt prea mari şi, de asemenea poate fi deservită de un singur muncitor.

Firma „Micafil" Elveţia [8] prezintă, de asemenea, o maşină complet automatizată, pentru rotoare cu diametrul între 40 şi 60 mm. Maşina este prevăzută cu dispozitive pentru reglarea ritmului de înaintare a tensiunii de încălzire şi a cantităţii de răşină picurată.

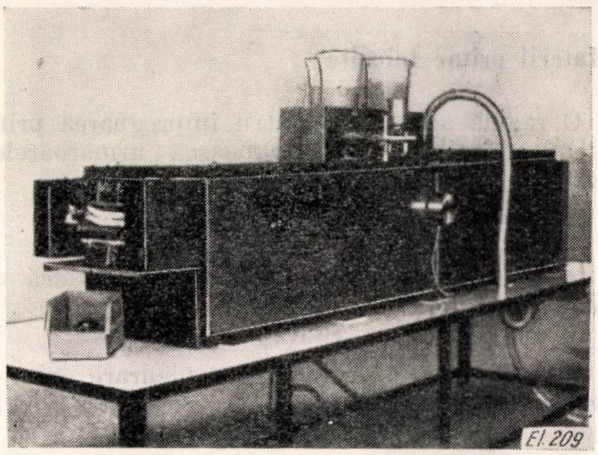


Fig. 1. Instalaţie automatizată pentru impregnarea micromotoarelor prin metoda picurării.

Operaţia de impregnare durează în medie 15 min. Maşina are un randament maxim de 200 rotoare/h. Agregatul este complet automatizat şi deci are o productivitate a muncii foarte ridicată.

În revista „Elektrotehnik" [3] se prezintă o instalaţie cu dispozitive multiple de picurare şi cu automatizarea tuturor fazelor procesului de impregnare (fig 1 şi 2).

Rezultatele încercărilor efectuate pe micromotoarele impregnate după această metodă arată caracteristicile dielectrice şi termomecanice superioare ale acestui tip faţă de tipurile de micromotoare impregnate în lacuri cu solvenţi.

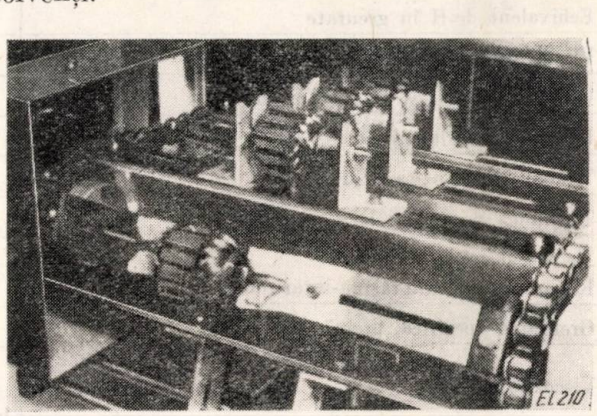


Fig. 2. Lanţul transportor cu locaşuri, din instalaţia de impregnare.

Descrierea metodei

Metoda constă în picurarea unui amestec de răşină-întăritor, proaspăt preparat, pe partea frontală a rotorului fierbinte. Amestecul

încălzindu-se devine foarte fluid şi pătrunde uşor prin interstiţiile dintre spire. De asemenea, o dată cu ridicarea temperaturii, reacţia de policondensare, fiind accelerată răşina se gelifică înainte de a se scurge afară din piesă.

Materii prime folosite

O răşină adecvată pentru impregnarea prin picurare trebuie să întrunească următoarele condiţii :

— să aibă o fluiditate mare;
— un timp scurt de întărire;
— să asigure o bună rigidizare mecanică a conductoarelor în crestătură;
— să aibă bune calităţi electrice.

Răşinile speciale pentru picurare sînt : Dobeckot 605 (de la firma Dr. Beck — R.F.G.) şi Scotchcast 830 (de la firma Scotch — R.F.G.). Aceste răşini neexistînd la noi în ţară, încercările s-au făcut cu răşinile Dobeckot 503 şi 505 care au proprietăţi asemănătoare cu cele amintite (tabelele 2 şi 3).

Experimentări efectuate

În scopul efectuării experimentărilor s-a construit instalaţia de laborator prezentată în figura 3. Rotorul *a* uscat în prealabil, sub vid, la 100°C, timp de două ore, este montat în aparat. Temperatura, în timpul operaţiilor de impregnare şi gelifiere, este menţinută cu raze infraroşii. Prin intermediul manetei *b* rotorul este fixat sub unghiul dorit, iar cu ajutorul manivelei *c* este rotit uniform tot timpul operaţiei.

Amestecul răşină-întăritor se picură pe partea frontală a rotorului din pîlnia de separare *d*.

Tabela 2

Caracteristicile răşinilor, întăritorilor şi amestecurilor rezultate în stare neîntărită

Denumirea	Dobeckot			Scotchcast 830
	605 cu întăritor 762	503	505	
		cu întăritor 750		
Răşina Felul combinaţiei	răşină epoxidică fără solvent			
Echivalent epoxi	200±20		230±10	
Viscozitatea la 20°C, cP	1 000±100	2 500–3 000	1 000±100	
Densitatea la 20°C	1,16	1,123	1,07	
Punctul de inflamabilitate, °C	>100	>100	>100	
Timpul de depozitare, luni	>6	>12		
Întăritorul Felul combinaţiei	amestec de poliamine	poliamină		
Echivalent de H în greutate	55			
Viscozitatea la 20°C, cP	100–200	14		
Greutatea specifică la 20°C, g/cm³	0,96	0,951		
Punctul de inflamabilitate, °C	100	200		
Timpul de depozitare, luni	6	12		
Tensiunea de vapori la 20°C, torri		0,2–0,3		
Amestecul răşină-întăritor Raport amestecare răşină-întăritor	100 : 30	100 : 8	100 : 8	4 : 1
Greutatea specifică, g/cm³	1,08	1,1		
Viscozitatea, cP	1 000–15 000 la 20°C în 2–3h	1070 la 20°C 260 la 30°C 116 la 40°C	1 200 la 20°C 500 la 30°C 480 la 40°C	400–500 la 20°C
Viaţa în oală, min	40–60	90 la 20°C 60 la 30°C 30 la 40°C	110 la 20°C 70 la 30°C 45 la 40°C	60 la 20°C
Timpul de întărire	24 h la 20°C 4 h la 80°C 2h la 120°C	24 h la 20°C 55 min la 40°C 20 min la 60°C 10 min la 80°C	16 h la 20°C 10 h la 30°C 2 h la 30°C	

Tabela 3

Caracteristicile electro-fizice ale amestecurilor în stare întărită

Denumirea	Dobeckot			Scotchcast 830
	503 cu întăritor 750	505 cu întăritor 750	605 cu întăritor 762	
Greutatea specifică la 20°C, g/cm³	1,163			1,13—1,15
Rezistența la încovoiere, kgf/cm²	1 060	960	1 450	1 200—1 400
Săgeata prin apăsare, mm	10,3	13,6	11	30—45
Rezilienta, kgfm/cm²	20,6	17,7	13,1	9—15
Rezistența la crestătură, kgf/cm²	1,55	—	2,8	3—4
Rezistența la compresiune, kgf/cm²	2 010	1 440	1 175	
Limita de curgere, kg/cm²	870	785	1 130	
Duritatea Brinell, kg/cm²	1 480		1 560	
Stabilitate termică, °C Martens Vicat	88	55	56	45—50
Absorbție de apă după 96 h, %	0,13	0,24	0,26	0,4—0,5(10zile)
Pierderea în greutate (28 săptămini la 150°C), %				1,8—2
Constanta dielectrică la 20°C (800 Hz), ε	2,95	3,54	3,57	5,1 (50 Hz)
Pierderi dielectrice (tg δ) la 20°C (800Hz)	$1{,}48.10^{-2}$	$1{,}16.10^{-2}$	$1{,}1.10^{-2}$	$<1{,}10^{-2}$
Rezistența la curenți vagabonzi, treaptă	T_4	T_5		
Rigiditate dielectrică, kV/mm la temperatura camerei la 120°C				60—70 15—20
Rezistivitate, Ω cm				10^{16}

Deoarece reacția de policondensare a rășinii este exotermă, pentru a preveni autoîncălzirea și solidificarea în masă a rășinii, amestecul se prepară în porțiunii mici. Tot în acest scop, pîlnia de separare se protejează contra căldurii, respectiv contra razelor infraroșii, cu ajutorul unui paravan de azbest.

În contact cu rotorul fierbinte, picăturile de amestec își ridică brusc temperatura și, devenind foarte fluide, curg cu ușurință printre spire. Debitul rășinii, temperatura de lucru, înclinația și viteza de rotire a rotorului trebuie astfel alese, în funcție de rășina folosită, încît rășina să impregneze toată masa rotorului, fără a avea însă timpul să se scurgă afară din rotor.

Rotorul este apoi rotit în continuare, în poziție orizontală, la cald, pentru gelificarea rășinii.

Întărirea definitivă a rășinii se face într-un cuptor cu circulație de aer, la temperatura de 40—80°C, timp de 10 min pînă la 2 h, în funcție de rășina folosită.

S-au făcut experimentări pe două sorturi de rotoare : un sort bobinat cu conductoare simplu emailate, și altul avînd în plus un strat de mătase pentru mărirea capacității de impregnare. Această suplimentare a izolației, absolut necesară în cazul impregnării rotoarelor cu lac ALM, îngreuiază impregnarea la metoda picurării cu rășini epoxidice. Rășina se scurge greu printre spire, operația este mult încetinită și uneori procesul de întărire a rășinii are loc înainte ca aceasta să fi ajuns la capătul spirelor.

Impregnarea cu rășină Dobeckot 503. Rotorul fierbinte la 80°C a fost montat în aparat dîndu-i-se o înclinație de 37°, fiind rotit cu o viteză de 15 rot/min. Temperatura rotorului s-a menținut la 80°C cu raze infraroșii. Impregnarea propriu-zisă durează circa două minute jumătate, pentru rotoarele bobinate cu conductoare simplu emailate, și circa patru minute pentru cele bobinate cu conductoare izolate suplimentar cu mătase. În circa un minut rotorul este adus, sub rotire continuă, în poziție orizontală. În continuare se mai picură rășină timp de circa un minut, rotind de data aceasta rotorul cu o viteză de 30 rot/min, pentru formarea stratului superficial. Rotirea mai

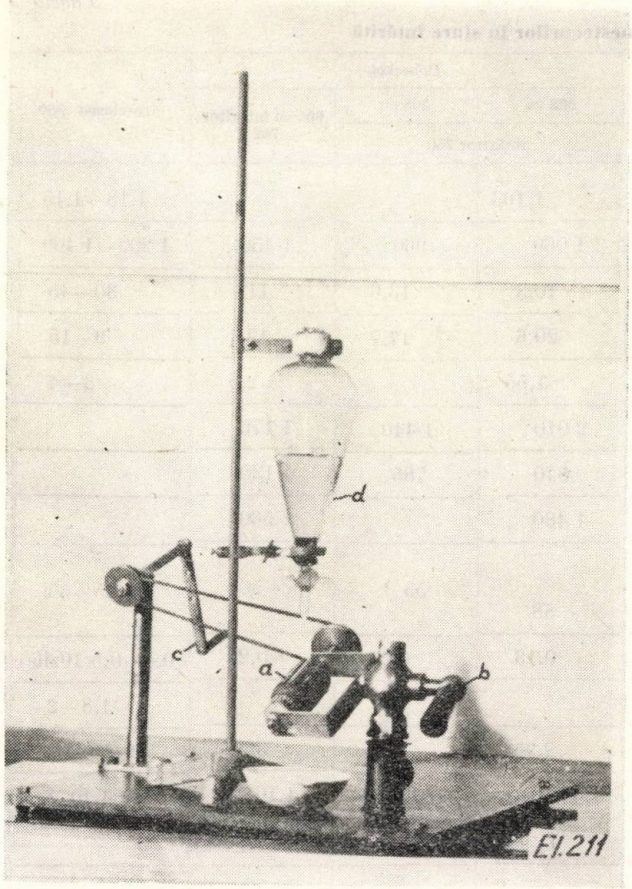


Fig. 3. Instalație de laborator pentru impregnarea prin metoda picurării (I.C.P.E.):
a – micromotor; *b* – manetă pentru fixarea înclinației piesei; *c* – manivelă; *d* – pîlnie pentru picurarea amestecului rășină-întăritor.

continuă circa patru minute, la aceeași temperatură, cînd are loc gelificarea rășinii. Întărirea finală se efectuează în cuptor timp de 10 min la temperatura de 80°C.

Impregnarea cu rășină Dobeckot 505. Operația are loc, în acest caz, la temperatura de 60°C. Impregnarea propriu-zisă durează circa 3 min, în cazul rotoarelor bobinate cu conductoare simplu emailate, și 5–7 min, în cazul celor cu conductoare izolate suplimentar cu mătase. Formarea stratului superficial și gelificarea durează 9 min, în primul caz, și 6 min, în al doilea caz. Întărirea finală se face la temperatura de 40°C, timp de două ore.

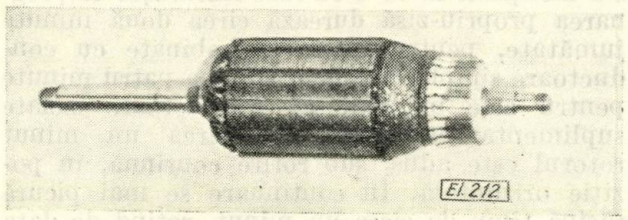


Fig. 4. Micromotor impregnat cu rășină epoxidică prin metoda picurării, realizat la I.C.P.E.

În figurile 4 și 5 se prezintă secțiuni ale unor micromotoare impregnate după metoda arătată.

Din încercările efectuate în laborator se constată următoarele:

– Impregnarea micromotoarelor cu conductoare izolate suplimentar cu mătase este dezavantajoasă din următoarele motive: scurgerea rășinii printre spire este îngreuiată; aceasta tinde să treacă peste pene și udă partea terminală a rotorului, împiedicînd astfel eliminarea aerului din crestături și umplerea golurilor cu rășină; operația de impregnare se prelungește; mătasea se consumă în mod inutil.

– Impregnarea cu rășină Dobeckot 503 este mai avantajoasă decît aceea cu rășină Dobeckot 505, din următoarele motive: datorită temperaturii de lucru mai înalte (80°C în cazul rășinii Dobeckot 503, față de 60°C în cazul rășinii Dobeckot 505) aceasta este mai fluidă și pătrunde cu ușurință printre spire; tot datorită temperaturii ridicate, reacția de policondensare a rășinii este accelerată, și aceasta se gelifică în scurt timp în rotor. Rășina Dobeckot 505, din cauza temperaturii mai scăzute se gelifică prea tîrziu, iar o parte din rășină se scurge din rotor; timpul de gelificare și întărire a rășinii Dobeckot 503 este mult mai scurt, mărindu-se astfel productivitatea cuptorului.

Studiul caracteristicilor dielectrice

Au fost studiate comparativ caracteristicile dielectrice ale micromotoarelor impregnate cu

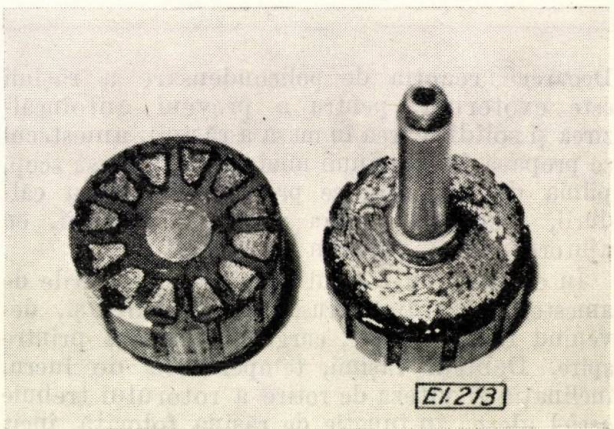


Fig. 5. Secțiune într-un micromotor impregnat prin picurare, realizat la I.C.P.E.

rășini epoxidice prin metoda picurării și ale micromotoarelor impregnate cu lacuri cu solvenți (ALM) prin metoda cufundării. Pentru impregnarea cu rășini epoxidice prin metoda picurării s-au folosit micromotoare cu conductoare izolate în două variante:

1) cu email;
2) cu email și mătase.

După cum s-a arătat la impregnarea micromotoarelor prin metoda picurării s-au folosit două tipuri de rășini epoxidice, și anume:

Dobeckot 503 + întăritor 750 și

Dobeckot 505 + întăritor 750.

În tabela 4 sînt prezentate valorile măsurărilor efectuate pentru tg δ și R_{iz} (la temperatura mediului ambiant), pentru patru șarje de micromotoare grupate ținînd seamă de schemele de izolații, și anume:

șarja A — izolația conductoarelor cu email, impregnare cu rășină 503 + întăritor 750;

șarja B — izolația conductoarelor cu email, impregnarea cu rășină 505 + întăritor 750;

șarja C — izolația conductoarelor cu email și mătase, impregnarea cu rășină 503 + întăritor 750;

șarja D — izolația conductoarelor cu email și mătase, impregnare cu rășină 505 + întăritor 750.

Pentru obținerea unor rezultate concludente, încercările au fost făcute asupra unui număr de 30 micromotoare.

După cum se vede în tabelă, valorile lui tg δ sînt, practic, egale pentru toate cele patru șarje de micromotoare, variind între $(1{,}53 - 2{,}2)\cdot 10^{-2}$.

Pierderile dielectrice ale izolației numai cu email sînt ceva mai mici decît ale izolației compuse, email plus mătase, și anume $(1{,}53 - 1{,}65)\cdot 10^{-2}$, față de, respectiv $(2{,}06 - 2{,}2)\cdot 10^{-2}$.

Tabela 4

Măsurările electrice efectuate asupra micromotoarelor impregnate în rășini epoxidice

Izolația conductorului	Rășina folosită		Regim de lucru			Măsurări electrice		
	Dobeckot Firma „Dr. Beck"		impregnare	întărire		tg δ 10^{-2}	R_{iz}	încercarea la străpungere în c.a. la $f = 50$ Hz, $u = 1\,500$ V $t = 1$ min
	rășina	întăritor	temperatura, °C	timpul, min	temperatura, °C			
Șarja A								
email	503	750	80	30	80	1,7	3.10^{11}	rezistă
email	503	750	80	13	80	1,6	3.10^{11}	rezistă
email	503	750	80	10	80	1,6	1.10^{11}	rezistă
email	503	750	80	60	80	1,5	1.10^{11}	rezistă
email	503	750	80	11	80	1,5	$1{,}2.10^{11}$	rezistă
email	503	750	80	30	80	1,45	1.10^{11}	rezistă
email	503	750	80	10	80	1,45	8.10^{10}	rezistă
email	503	750	80	10	80	1,35	6.10^{10}	
email	303	750	80	15	80	1,5	8.10^{10}	rezistă
email	503	750	80	13	80	1,5	5.10^{10}	rezistă
email	503	750	80	10	80	1,6	8.10^{10}	rezistă
Șarja B								
email	505	750	60	2h	60	1,5	2.10^{11}	rezistă
email	505	750	60	2h	40	1,8	5.10^{10}	rezistă
email	505	750	80	30	80	1,8	5.10^{10}	rezistă
email	505	750	60	2h	40	1,5,5	9.10^{10}	rezistă
email	505	750	64	2h	40	1,6	5.10^{10}	rezistă
Șarja C								
email + mătase	503	750	80	10	80	1,8	3.10^{11}	rezistă
email + mătase	503	750	80	10	80	2,3	3.10^{11}	rezistă
email + mătase	503	750	80	10	80	2	$1{,}5.10^{11}$	rezistă
email + mătase	503	750	80	60	80	1,8	3.10^{10}	rezistă
email + mătase	503	750	80	10	80	2	9.10^{10}	rezistă
email + mătase	503	750	80	30	80	2,4	7.10^{10}	rezistă
email + mătase	503	750	80	10	80	2,4	—	rezistă
email + mătase	503	750	80	15	80	1,8	7.10^{10}	rezistă
Șarja D								
email + mătase	505	750	60	2h	40	2,3	$1{,}5.10^{11}$	rezistă
email + mătase	505	750	80	30	80	2,1	3.10^{10}	rezistă
email + mătase	505	750	60	2h	40	2,2	6.10^{10}	rezistă
email + mătase	505	750	60	2h	40	2,3	4.10^{10}	rezsită
email + mătase	505	750	80	2h	40	2,1	3.10^{10}	rezistă

Explicația constă în pierderile mai mari ale izolației de mătase.

Cît privește rezistența izolației, care este, practic, de același ordin de mărime la toate

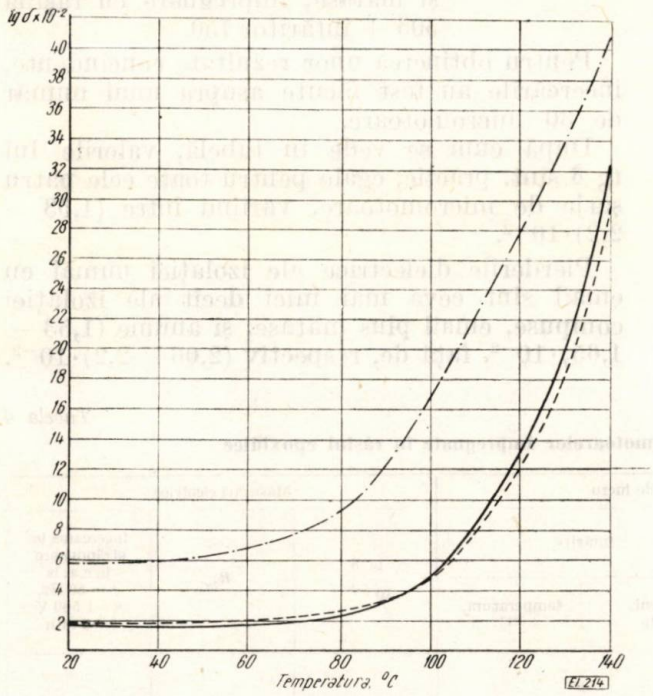


Fig. 6. Variația tg δ în funcție de temperatură, pentru rotoare:

——— rotor cu conductor izolat, cu email, impregnat cu Dobeckot, 503;
– – – – rotor cu conductor izolat cu email și mătase, impregnat cu Dobeckot 503;
–·–·– rotor cu conductor izolat cu email și mătase, impregnat cu lac ALM.

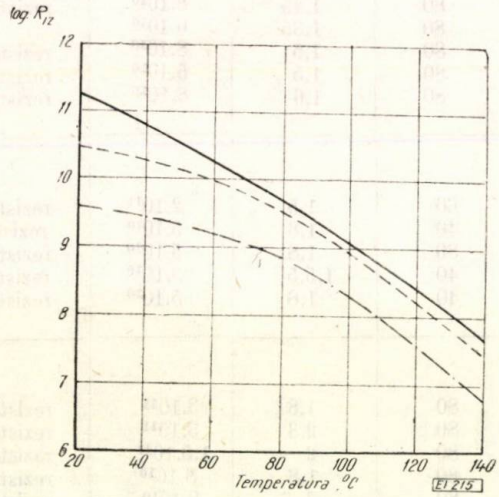


Fig. 7. Variația rezistenței de izolație în funcție de temperatură, pentru rotoare:

——— rotoare cu conductoare izolate cu email și impregnate cu Dobeckot 503;
– – – – rotoare cu conductoare izolate cu email și mătase și impregnate cu Dobeckot 503;
–·–·– rotoare cu conductoare izolate cu email și mătase și impregnate cu lac ALM.

șarjele, respectiv ($6 \cdot 10^{10} - 14 \cdot 10^{11}$), diferențiază puțin, în funcție de rășina folosită.

Încercarea la străpungere s-a făcut în curent alternativ la frecvența de 50 Hz și tensiunea de 1 500 V timp de un minut. Toate rotoarele au rezistat.

Pentru studiul stabilității termice a micromotoarelor s-au efectuat măsurările tgδ și

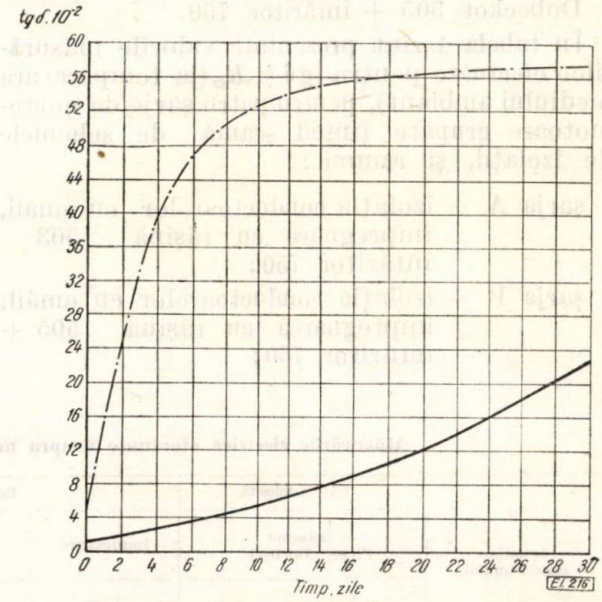


Fig. 8. Variația tg δ în funcție de timp, la rotoare menținute în regim climatic:

–·–·– rotor impregnat cu lac ALM, prin metoda cufundării;
——— rotor impregnat cu rășini epoxidice (Dobeckot 503), prin metoda picurării

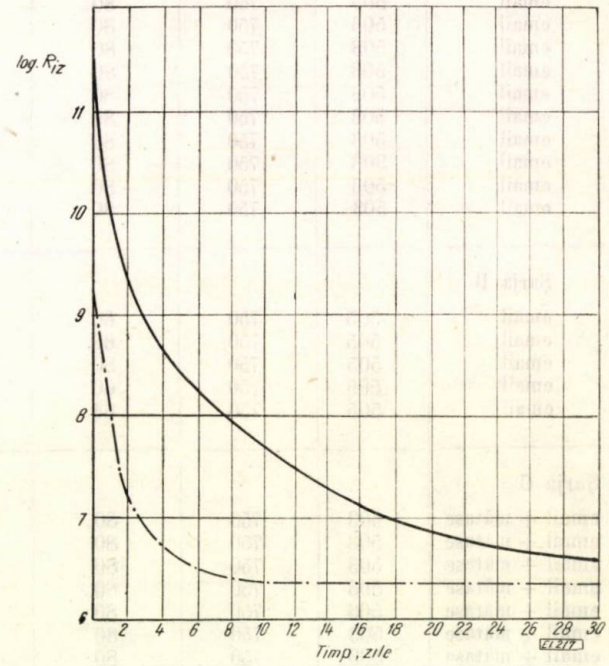


Fig. 9. Variația rezistenței de izolație în funcție de timp, la rotoare menținute în regim climatic:

–·–·– rotor impregnat în lac ALM, prin metoda cufundării.
——— rotor impregnat cu rășini epoxidice (Dobeckot 503), prin metoda picurării.

R_{iz} în funcție de temperatură (pînă la 140°C). În figura 6 se observă superioritatea izolației impregnate în rășini epoxidice. Pierderile dielectrice ale acestor izolații au valorile minime

($2 .10^{-2}$) în palierul de temperatură 20—80°C și nu depășește $5 .10^{-2}$ la 100°C, față de izolația impregnată cu lac ALM, care are valoarea inițială mărită, respectiv $5{,}5 .10^{-2}$ la 20°C, crescînd pînă la $9 .10^{-2}$ la 80°C și, respectiv, $17 .10^{-2}$ la 100°C.

La fel, se observă în figura 7 valori superioare ale rezistenței izolației pentru micromotoarele cu conductoare izolate numai cu email și impregnate cu rășini epoxidice, față de cele izolate cu email și mătase și impregnate în lac ALM.

În scopul urmăririi comportării izolațiilor indicate în climat tropical au fost supuse în camera climatică „Dr. Weiss" la temperatura de 40°C și umiditatea de 98%, un micromotor impregnat în lac ALM și un altul impregnat cu rășină epoxidică. Măsurarea a durat 30 de zile. În figurile 8 și 9 se observă rezultatele mult superioare ale impregnării cu rășini epoxidice. Tgδ, după 30 de zile, la rășini epoxidice a atins $22 .10^{-2}$, față de micromotoarele impregnate cu ALM, la care a ajuns pînă la circa $60 .10^{-2}$. La fel și rezistența izolației micromotoarelor impregnate în lac ALM scade brusc în primele zile, ajungînd la sfîrșitul intervalului la valori inferioare micromotoarelor impregnate cu rășini epoxidice.

Posibilitatea introducerii în fabricație a tehnologiei impregnării micromotoarelor cu rășini epoxidice

Rezultatele studiilor de laborator au arătat, pe de o parte, superioritatea metodei din punct de vedere tehnologic, și pe de altă parte, îmbunătățirea substanțială a caracteristicilor dielectrice.

În țara noastră există baza tehnico-materială necesară realizării rășinii de picurare, asemănătoare produsului Dobeckot 605; în această direcție se efectuează lucrări la ICECHIM.

Ținînd seamă de acestea, se consideră că introducerea în fabricația micromotoarelor, a acestor noi metode tehnologice de impregnare, este justificată.

Bibliografie

[1] *Skeist, I.* Epoxy Resins. New York, Reinhold Publishing Corporation, 1959.

[2] *Lee, H.* și *Neville, K.* Epoxy Resins, New York, Mc Graw-Hill, 1957.

[3] *Forstmann, A.* Widerstandsfähige Wicklungen mit Imprägnierherzen. In: Elektrotechnik *22*, 17 aug 1963, p. 442—444.

[4] *Stender, A.* Beispiel einer vollautomatischen Träufelanlage. În: Technik der Lackisolation, nr. 8, 24 decembrie 1960 și nr. 9, 26 decembrie 1961.

[5] *Rastkopf, F.* Impregnarea micromotoarelor prin metoda picurării. În: EMA, nr. 12, 1959 și nr. 2—11, 1960.

[6] *Firma Dr. Beck* — R.F.G. — Prospecte pentru folosirea rășinilor Dobeckot, 503, 505 și 605.

[7] Firma Scotch — R.F.G. — Prospect pentru folosirea rășinii Scotchcast 830, 1963.

[8] *Firma Micafil* — Zürich (Elveția). Prospect pentru mașina de impregnat micromotoare prin picurare, 1963.

Intrat în redacție la 20. II. 1964.

Instalație de înaltă precizie pentru etalonarea transformatoarelor de curent

Aurel Millea și **Nicolae Gruia*** — București

CZ 621.317.714.088.7 :621.314.224.3

Metoda uzuală pentru determinarea erorilor transformatoarelor etalon de curent, cunoscută și sub denumirea de „metodă absolută", este bazată pe compararea căderilor de tensiune la bornele unor rezistoare de precizie conectate în primarul și în secundarul transformatorului, cu ajutorul unui compensator de curent alternativ. Această metodă prezintă unele dezavantaje (imprecizia rezistențelor intervine direct în măsurare, la curenți primari intenși puterea disipată în rezistorul din primar este foarte mare etc.) care creează dificultăți însemnate și nici nu asigură în toate cazurile o precizie suficient de bună.

În ultimii ani s-a preconizat [1], [2], [3], [4] o metodă magnetică de comparare a curenților, cu ajutorul unui dispozitiv numit „comparator inductiv de curent" sau „inel diferențial". La Institutul de Metrologie din București s-a construit o instalație pentru etalonarea transformatoarelor de curent, care utilizează o astfel de metodă magnetică. În acest articol se descrie instalația realizată și se indică principalele performanțe, subliniindu-se și unele probleme teoretice și practice legate de folosirea acesteia la etalonarea cu precizie ridicată a transformatoarelor de curent.

* Ing. *A. Millea* este șef de laborator la Institutul de metrologie, iar ing. *N. Gruia* este cercetător la același institut.

Principiul de funcționare a comparatorului inductiv de curent

Comparatorul inductiv de curent (fig. 1) este format dintr-un miez toroidal, pe care sînt dispuse, în principal, trei înfășurări : două

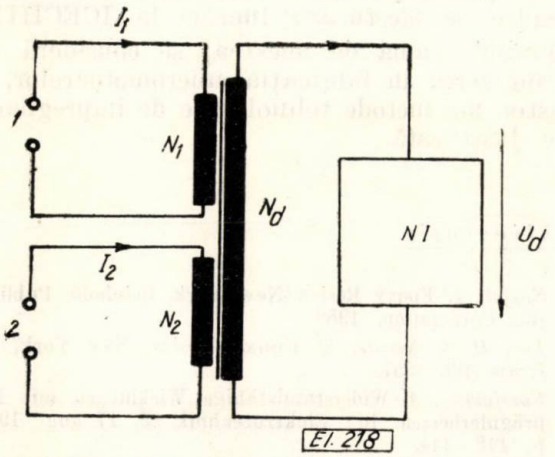


Fig. 1. Schema de principiu a comparatorului inductiv de curent :
N_1 – spire primare; N_2 – spire secundare; N_d – spirele înfășurării de detecție; NI – indicator de nul.

dintre acestea sînt parcurse de curenții alternativi de comparat, iar a treia, numită înfășurare de detecție (sau de măsurare), este destinată să indice anularea fluxului magnetic din miez. Comparatorul poate fi prevăzut și cu alte înfășurări, de exemplu, o înfășurare suplimentară (numită, de obicei, de compensație) poate servi la ajustarea fină a echilibrului, curentul de valoare cunoscută din această înfășurare fiind proporțional cu diferența solenațiilor produse de curenții de comparat.

Tensiunea indusă în înfășurarea de detecție, în ipoteza unui comparator de curent ideal (fără dispersie magnetică și fără capacități între spirele înfășurărilor) este :

$$U_d = -\mathrm{j}\omega N_d \Phi = -\mathrm{j}\omega N_d \frac{N_1 I_1 + N_2 I_2}{\mathcal{R}} \qquad (1)$$

în care :

$\omega = 2\pi f$ este pulsația ;
N_d – numărul de spire în înfășurarea de detecție ;
Φ – fluxul magnetic în miez ;
N_1, N_2 – numerele de spire ale înfășurărilor 1 și 2 ;
I_1, I_2 – curenții de comparat, care circulă prin înfășurările 1, respectiv 2 ;
$\mathcal{R}$ – reluctanța miezului.

La echilibru, tensiunea la bornele înfășurării de detecție este nulă și :

$$\frac{I_1}{I_2} = -\frac{N_2}{N_1}, \qquad (2)$$

deci raportul curenților este dat de raportul dintre numerele de spire ale înfășurărilor principale. O mică abatere a raportului I_1/I_2 de la valoarea de echilibru poate fi compensată trecînd un curent suplimentar prin înfășurarea de compensație, astfel încît tensiunea U_c să fie nulă ; măsurînd acest curent, se poate determina diferența dintre I_1/I_2 și N_2/N_1.

Practic, egalitatea (2) este satisfăcută numai aproximativ ; erorile sînt cauzate, în principal, de dispersia magnetică și de capacitățile înfășurărilor. Luînd însă unele măsuri de precauție în construcția comparatorului, aceste erori pot fi reduse la valori foarte mici.

Sensibilitatea comparatorului inductiv de curent

Sensibilitatea comparatorului inductiv de curent poate fi definită în mai multe moduri ; dacă se utilizează indicatoare de nul cu impedanță mare de intrare (cum sînt, de exemplu, cele electronice) este avantajos ca sensibilitatea să fie definită ca raportul dintre tensiunea la bornele înfășurării de detecție și curentul total de magnetizare, redus la una dintre înfășurări (de exemplu, la aceea secundară) :

$$S = \frac{U_d}{I_2 + \frac{N_1}{N_2} I_1} \qquad (3)$$

Pe baza circuitului echivalent din figura 2 se obține următoarea expresie a sensibilității (neglijîndu-se efectul pierderilor în miez) :

$$S = \frac{1}{-\mathrm{j}\frac{l}{\omega \mu_0 \mu_r A N_2 N_d}\left(1 + \frac{Z_d}{Z_n}\right) + \frac{N_d}{N_2}\frac{1}{Z_n}}, \qquad (4)$$

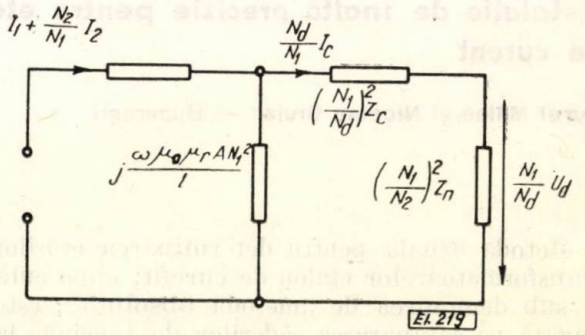


Fig. 2. Schema echivalentă a comparatorului inductiv de curent.

în care :

l este lungimea medie a circuitului magnetic ;
$\mu_0 = 4\pi .10^{-7}$;
μ_r – permeabilitatea relativă a miezului ;
A – aria secțiunii miezului ;
Z_d – impedanța serie a înfășurării de detecție (rezistența și reactanța de dispersie) ;

Z_n — impedanța conectată la înfășurarea de detecție.

Deoarece inducția magnetică, la funcționarea comparatorului în condiții normale, este totdeauna apropiată de zero, μ_r este, practic, egal cu permeabilitatea relativă inițială a materialului magnetic.

De exemplu, dacă $f = 50$ Hz, $\mu_r = 10^4$, $A = 4$ cm^2, $N_2 = 10^2$, $N_d = 10^3$, $l = 30$ cm, $Z_n = 10^5\,\Omega$, $Z_d \ll Z_n$, sensibilitatea este $S = 530\,\Omega$; cu un indicator de nul având sensibilitatea de 1μV se poate detecta o variație de circa $2 \cdot 10^{-8}$A a curentului I_2.

Sensibilitatea mai poate fi mărită prin acordarea înfășurării de detecție cu ajutorul unui condensator conectat la bornele sale; această proprietate reiese tot din formula (4).

Erorile comparatorului inductiv de curent

Principala sursă de erori ale comparatorului inductiv de curent, la frecvențe joase, este dispersia magnetică a sistemului de înfășurări (primară, secundară și de detecție).

Condiția de echilibru poate fi exprimată prin relația:

$$L_{1d} I_1 + L_{2d} I_2 = 0, \tag{5}$$

unde L_{1d}, L_{2d} sînt inductanțele mutuale dintre înfășurările 1, 2 și înfășurarea de detecție.

De aici rezultă:

$$\frac{I_1}{I_2} = -\frac{L_{2d}}{L_{1d}} = -\frac{N_2}{N_1}\left(1 + \frac{N_1 L_{2d} - N_2 L_{1d}}{N_2 L_{1d}}\right), \tag{6}$$

adică eroarea datorită dispersiei magnetice este:

$$\varepsilon_M = \frac{N_1 L_{2d} - N_2 L_{1d}}{N_2 L_{1d}}. \tag{7}$$

Introducînd inductanțele de dispersie ale înfășurării de detecție în raport cu înfășurările 1, respectiv 2:

$$\lambda_{d1} = L_{dd} - \frac{N_d}{N_1} L_{1d}; \quad \lambda_{d2} = L_{dd} - \frac{N_d}{N_2} L_{2d}, \tag{8}$$

se obține:

$$\varepsilon_M = \frac{N_1(\lambda_{d1} - \lambda_{d2})}{N_d L_{1d}} = \mathcal{R}\frac{\lambda_{d1} - \lambda_{d2}}{N_d^2}. \tag{9}$$

De aici rezultă că eroarea ε_M depinde de reluctanța miezului (este proporțională cu $\mathcal{R} = \mu_r A/l$) și de configurația înfășurărilor; pentru a reduce această eroare este necesar ca înfășurarea de detecție să fie plasată sub înfășurările 1 și 2, pasul ei de bobinare să fie uniform, miezul să fie omogen (μ_r uniform în lungul torului), și înfășurările 1, 2 să fie așezate cît mai aproape una de alta.

Într-o lucrare anterioară [5] s-au evaluat inductanțele de dispersie λ_{d1}, λ_{d2} care intervin în expresia (9) a erorii ε_M, deducînd o ecuație integro-diferențială a fluxului din miez și rezolvînd-o pentru două cazuri în care se pot aproxima satisfăcător condițiile practice posibile: a) neuniformitățile înfășurărilor 1 și 2 sînt repartizate sinusoidal în lungul miezului; b) înfășurarea 1 ocupă numai o fracțiune din circumferința torului, iar înfășurarea 2 este uniformă. În ambele cazuri s-a considerat că înfășurarea de detecție are și ea neuniformitățile repartizate sinusoidal în spațiu.

Rezultatele obținute arată că eroarea este direct proporțională cu raportul dintre pătratul razei torului și aria secțiunii miezului, și invers proporțională cu permeabilitatea miezului. De asemenea, eroarea depinde de gradul de neuniformitate a înfășurărilor și de pozițiile reciproce ale acestor neuniformități. De exemplu, pentru $\mu_r = 10^4$, $A = 4$ cm^2, $l = 30$ cm și admițînd că atît pasul de înfășurare, cît și permeabilitatea nu variază cu mai mult de $\pm 5\%$, eroarea ε_M rămîne și în cel mai defavorabil caz sub $1{,}1 \cdot 10^{-5}$.

Erori mult mai mari se obțin dacă una dintre înfășurări este nesimetric plasată pe miez. De exemplu, dacă înfășurarea 1 (sau 2) ocupă numai o mică porțiune din circumferința torului, eroarea ε_M poate fi de ordinul 10^{-3}.

Aceste rezultate teoretice au fost verificate experimental, obținîndu-se o bună concordanță. Ele arată că, la o construcție îngrijită a comparatorului inductiv de curent, erorile datorite dispersiei magnetice pot fi reduse la valori care nu mai prezintă importanță practică.

Erorile datorite capacităților înfășurărilor sînt neglijabile la frecvența de 50 Hz, dacă înfășurarea de detecție este ecranată electrostatic față de celelalte înfășurări. Analiza teoretică a acestor erori [5] arată că în cazurile obișnuite ordinul de mărime al ei este de 10^{-8}; numai la frecvențe mai înalte și în cazul înfășurărilor cu multe spire rezultă valori care trebuie luate în considerare.

Alte erori pot proveni din echilibrarea imperfectă a comparatorului; datorită sensibilității mari aceste erori sînt și ele neglijabile în majoritatea cazurilor practice.

Utilizarea comparatorului inductiv pentru etalonarea transformatoarelor de curent

Pentru determinarea erorilor unui transformator de curent este necesar ca raportul N_1/N_2 al numerelor de spire din înfășurările principale ale comparatorului să fie egal cu raportul nominal de transformare al transformatorului supus etalonării. Înfășurările primare ale transformatorului și ale comparatorului se leagă în serie; la fel se procedează și cu înfășurările secundare, care se închid pe o impedanță de sarcină. În acest mod, solenația totală aplicată comparatorului este proporțională cu eroarea transformatorului de încercat. Înfășurarea

secundară a comparatorului prezintă o impedanță mică și, practic, pur rezistivă, egală cu rezistența înfășurării; de această rezistență se ține seamă la fixarea valorii impedanței de sarcină.

Pentru determinarea comodă a erorilor de raport și de unghi, cel mai avantajos este ca solenația „de eroare" să fie compensată cu un curent care să fie egal cu o fracțiune cunoscută din curentul secundar al transformatorului de încercat. O schemă posibilă pentru realizarea acestei măsurări este aceea din figura 3. Prin

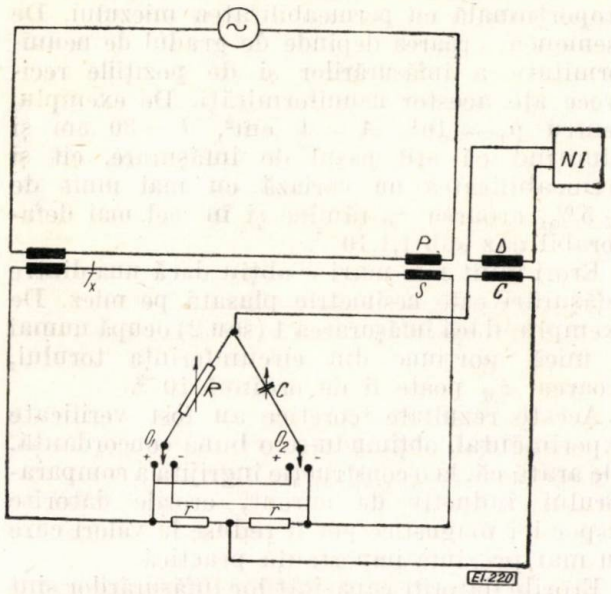


Fig. 3. Schema de etalonare a unui transformator de curent:
T_x – transformator de etalonat; P – primarul comparatorului; S – secundarul comparatorului; D – înfășurare de detecție; C – înfășurare de compensație; R – cutie de rezistențe; C – cutie de capacități; r – rezistențe de precizie; NI – indicator de nul.

înfășurarea de compensație a comparatorului circulă un curent care are două componente: una în fază cu curentul secundar I_2 și aproximativ egală cu $\frac{r}{R} I_2$, iar alta în cuadratură cu I_2 și aproximativ egală cu $r\omega C I_2$ (aproximațiile admise în aceste expresii sînt bune dacă $r \ll R$ și $r \ll 1/\omega C$, ceea ce are loc totdeauna, în cazurile în care se etalonează transformatoare cu erori mici). Eroarea de raport ε și eroarea de unghi δ ale transformatorului de etalonat sînt egale, la echilibru, cu:

$$\varepsilon = \frac{r}{R} \cdot \frac{N_c}{N_2},$$

$$\delta = r\omega C \cdot \frac{N_2}{N_2},$$

unde N_c este numărul de spire ale înfășurării de compensație.

Practic, R se realizează cu o cutie de rezistențe, iar C cu o cutie de capacități. Cu ajutorul comutatoarelor 0_1 și 0_2 se pot inversa cele două componente ale curentului de compensație.

Detalii constructive ale instalației

Instalația realizată cuprinde, în principal, un comparator inductiv de curent, cu un sistem special de comutare a scărilor pentru curenții primari, rezistențele r și comutatoarele 0_1, 0_2 din figura 3. S-au prevăzut borne pentru conectarea primarului și secundarului transformatorului de încercat, a indicatorului de nul a cutiei de rezistențe și a cutiei de capacități.

Valoarea rezistențelor r s-a ales de numai 0,05 Ω (între bornele de potențial), pentru a nu mări prea mult rezistența totală a circuitului secundar, care se adaugă la sarcina transformatorului de încercat. S-a mai prevăzut o mică rezistență în serie cu secundarul (nefigurată în schemă), pentru ca rezistența totală la bornele 2,2′ să fie de 0,2 Ω. În acest mod, dacă nu se conectează nici o sarcină exterioară, transformatorul de încercat debitează, la curentul secundar nominal de 5 A, o putere de 5 VA la cos $\varphi = 1$, valoare uzuală pentru transformatoarele etalon de curent.

Raportul N_c/N_2 s-a ales egal cu 2, astfel încît eroarea de raport se calculează cu formula simplă: $\varepsilon = \frac{0{,}1}{R}$, unde R se exprimă în ohmi. Eroarea de unghi, pentru frecvența de 50 Hz, rezultă din formula: $\delta = 0{,}108\ C$, (C în μF și δ în minute).

Miezul feromagnetic. Miezul toroidal al comparatorului trebuie confecționat dintr-un material care să-i asigure o permeabilitate inițială de minimum 10 000—15 000. Materialele indicate în acest scop sînt aliajele fier-nichel cu diverse adaosuri de aliere: Mo, Cu, Cr, Mn. Materialul utilizat la confecționarea miezului toroidal al instalației a fost permalloy cu molibden de tip 79 HM (fabricație sovietică), cu o permeabilitate inițială de 25 000.

În principiu, miezul toroidal se poate executa din inele ștanțate sau sub forma miezurilor din bandă înfășurată. Întrucît materialul utilizat a avut o grosime relativ mare (0,4 mm), iar diametrul necesar al torului era relativ mic, s-a preferat executarea miezului din inele ștanțate.

Tratamentul termic aplicat miezului feromagnetic a fost o recoacere la temperatura de 1 200°C, timp de 8 h, cu o răcire relativ lentă pînă la temperatura ambiantă. Recoacerea s-a făcut în mediu de hidrogen. Înainte de acest tratament termic tolele inelare au fost izolate între ele cu un strat de oxid de magneziu, aplicat pe suprafața tolelor degresate în prea-

labil. În acest fel s-a preîntîmpinat lipirea tolelor între ele în timpul recoacerii.

După tratamentul termic descris s-a obținut o permeabilitate relativă inițială de circa 12 000. Această valoare a fost mărită la circa 20 000 efectuîndu-se un tratament de revenire la temperatura de 480°C, timp de 3 h, cu răcire rapidă.

Tolele au fost izolate electric între ele cu un strat de lac și introduse într-o casetă toroidală din material plastic.

Pe această carcasă izolantă s-au bobinat, în ordine, înfășurarea de detecție, înfășurarea de compensație, secundarul și înfășurările primare.

Înfășurarea de detecție. Rolul acestei înfășurări este de a detecta anularea fluxului mediu din miez. Din acest rol, ca o condiție de bună funcționare, rezultă o bobinare uniformă pe întreg torul și nu realizarea unui număr determinat de spire. Pentru a micșora eventualele șuntări capacitive este de preferat realizarea unei înfășurări pe un singur strat. Pentru protecția față de eventuale fluctuații ale tensiunii, conectări greșite etc. s-au utilizat două diode cu siliciu conectate în paralel și în sensuri inverse la terminațiile înfășurării. Cablul de ieșire al acestei înfășurări este de tip coaxial.

Pentru a elimina influența cîmpurilor electrice exterioare și a cupajelor capacitive cu circuitele de măsurare s-a introdus, între înfășurarea de detecție și celelalte înfășurări, un ecran electrostatic din cupru. Ecranul este legat la blindajul cablului coaxial de ieșire al înfășurării de detecție.

Înfășurarea de compensație. Rolul acestei înfășurări este de a compensa diferența amperspirelor de magnetizare ale înfășurărilor primare și secundare. În cazul unei tensiuni nule la ieșirea înfășurării de detecție, curentul în înfășurarea de compensație este proporțional cu eroarea transformatorului de etalonat. Pentru un calcul mai ușor de erori este convenabil ca numărul de spire ale înfășurării de compensație să fie egal cu numărul de spire ale înfășurării secundare sau cu un multiplu al acestuia.

Înfășurările secundară și primară. Determinarea caracteristicilor acestor înfășurări s-a făcut analizînd și punînd în concordanță o serie de factori: rapoartele de transformare care trebuie realizate, curentul de lucru pe fiecare înfășurare la fiecare raport, spațiul disponibil din interiorul miezului inelar, condițiile de uniformitate a bobinajelor, posibilitățile de comutare pe diferite rapoarte și uniformitatea repartiției secțiunilor de bobinaj în aceste cazuri etc.

Pentru instalația executată s-au realizat rapoartele standardizate din tabela 1 (pînă la raportul 100/5 A), tabelă în care sînt indicate și numerele de spire primare și secundare necesare realizării acestor rapoarte.

Tabela 1

Raportul	5/5	10/5	15/5	20/5	30/5	40/5	50/5	75/5	100/5
Spire secundare	60	60 (120)	60	60 (120)	60 (120)	120	60	60	60
Spire primare	60	30 (60)	20	15 (30)	10 (20)	15	6	4	3

Ca soluție constructivă s-a adoptat bobinarea înfășurării secundare din două secțiuni a 60 spire fiecare, dispuse una deasupra celeilalte și avînd posibilitatea exterioară de a lucra fiecare separat sau legate în serie sau paralel.

Înfășurarea primară este și ea realizată în două straturi. Primul strat se compune din 12 secțiuni a cîte 5 spire fiecare, cu posibilitatea exterioară de comutare a acestor secțiuni în serie, paralel sau legarea în grupuri serie — paralel. Această comutare este asigurată de un sistem de bare și fișe, montat pe placa frontală a aparatului.

Pentru ultimele două rapoarte (75/5 și 100/5) s-a adoptat o înfășurare cu trei spire distribuite simetric pentru raportul 100/5 și cu încă o spiră formată din trei conductoare în paralel (dimensionate fiecare pentru 25 A), distribuite simetric pe tor și cu posibilitatea exterioară de legare în serie la primele trei spire (pentru raportul 75/5).

Un desen principial al comparatorului (secțiune) este dat în figura 4, iar fotografia aparatului este dată în figura 5.

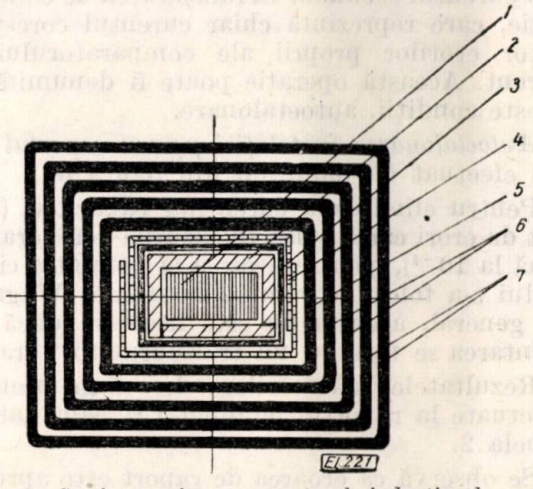


Fig. 4. Secțiune prin comparatorul inductiv de curent: *1* — miezul feromagnetic; *2* — carcasa (izolantă); *3* — înfășurare de detecție; *4* — ecranul electrostatic (de cupru); *5* — înfășurarea de compensație; *6* — înfășurările secundare; *7* — înfășurările primare.

Determinarea erorilor proprii ale instalației

Din principiul de funcționare a instalației și din considerentele teoretice expuse rezultă că erorile proprii ale sale sînt foarte mici. În aceste condiții, considerînd inutilă o cercetare experi-

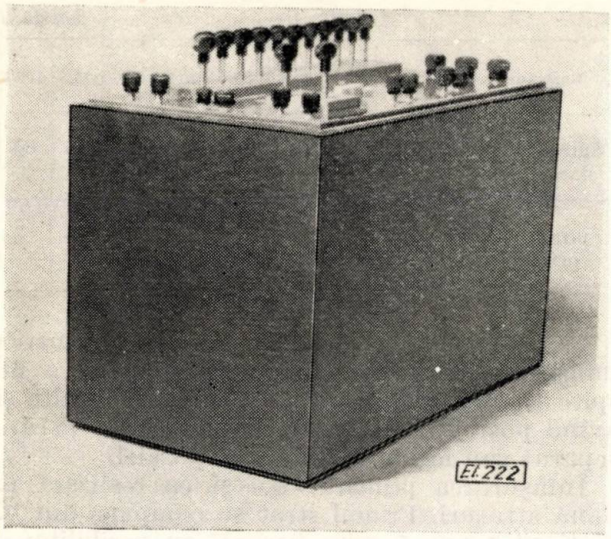


Fig. 5. Fotografia aparatului.

mentală amănunțită a erorilor proprii ale instalației pentru fiecare raport de transformare, măsurările executate s-au limitat la :

a) determinarea erorilor proprii ale instalației în cazul raportului de transformare 1 :1, în care spirele primare sînt uniform repartizate ;

b) cercetarea creșterii erorilor în cazul plasării nesimetrice a spirelor primare.

Ambele măsurări s-au făcut cu numere egale de spire în primar și secundar, conectînd în serie-opoziție aceste două înfășurări. Fluxul remanent a fost compensat cu un mic curent deviat din curentul secundar în înfășurarea de compensație, care reprezintă chiar curentul corespunzător erorilor proprii ale comparatorului de curent. Această operație poate fi denumită, în aceste condiții, autoetalonare.

Autoetalonarea instalației pentru raportul 1 :1 s-a efectuat cu montajul din figura 6.

Pentru eliminarea curenților capacitivi (care pot da erori care ajung, în cazurile defavorabile, pînă la 10^{-4}), pentru legarea la pămînt a circuitului s-a folosit o ramură auxiliară (Wagner). În general, aceasta nu este necesară dacă alimentarea se face cu un transformator ecranat.

Rezultatele măsurărilor de autoetalonare, efectuate la raportul nominal 1 :1, sînt date în tabela 2.

Se observă că eroarea de raport este aproape independentă de curentul primar și este de ordinul 1.10^{-6}. Eroarea de unghi depinde de curentul primar ; la curentul nominal este de ordinul 0,002 min, crescînd pînă la circa 0,005 min la 10 % din curentul nominal.

Erorile în cazul plasării nesimetrice a spirelor primare au fost evaluate dispunînd pe miezul toroidal al comparatorului de curent (înainte de definitivarea construcției acestuia) un număr total de 60 spire, plasate nesimetric pe circumferința miezului. S-au cercetat mai multe combinații posibile, unele dintre rezultatele obținute fiind date în tabelele 3, 4 și 5.

Se constată că situația cea mai defavorabilă este aceea în care primarul este conectat pe o porțiune mică a circumferinței torului (tabela 3) ; în acest caz eroarea de raport ajunge la circa 10^{-4}, iar eroarea de unghi, la circa 0,5 min.

Păstrînd o simetrie globală a înfășurării primare, fără ca bobinarea să fie uniformă, erorile rămîn încă suficient de mici. Astfel, dispunînd primarul în patru mănunchiuri de cîte 15 spire, plasate la cîte 90° unul față de celălalt (tabela 5), eroarea de raport este de circa 5.10^{-6}, iar eroarea de unghi, de 0,01—0,02 min.

Dacă unul dintre aceste mănunchiuri se suprimă, deci se simulează trei spire plasate la

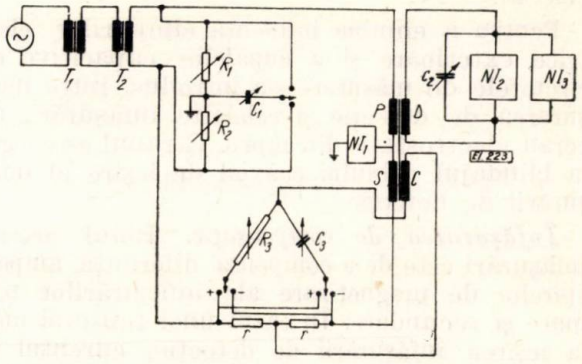


Fig. 6. Schema de autoetalonare a instalației :

P, S, D, C — înfășurările primară, secundară, de detecție, de compensație ale comparatorului de curent ; C_1, C_2, C_3 — condensatoare variabile ; R_1, R_2, R_3, rezistențe variabile ; r — rezistență auxiliară ; T_1, T_2 transformatoare auxiliare ; NI_1, NI_2, indicatoare de nul ; NI_3 — osciloscop (R_1, R_2, C_1 constituie ramura Wagner, iar C_2 servește pentru acordarea înfășurării de detecție, în scopul măririi sensibilității).

unghi de 90°, 90° și 180° între ele, eroarea de raport crește la circa 2.10^{-5}, iar eroarea de unghi, la circa 0,2 min (tabela 4).

Observații cu privire la măsurări. În toate măsurările efectuate s-a folosit un indicator de nul electronic selectiv, cu o bandă de trecere de 50±5 Hz, cu sensibilitate maximă de circa

Tabela 2

Curentul în procente din I_N	10%	20%	40%	60%	100%
ε	$1{,}175.10^{-6}$	1.10^{-6}	$0{,}9.10^{-6}$	$0{,}875.10^{-6}$	$0{,}855.10^{-6}$
δ, min	$5{,}62.10^{-3}$	$4{,}34.10^{-3}$	$3{,}24.10^{-3}$	$2{,}81.10^{-3}$	$2{,}38.10^{-3}$

Tabela 3

Înfășurarea primară este compusă dintr-un mănunchi de 60 spire

Curentul în procente din I_N	10%	20%	40%	60%	100%
ε	$+8{,}34.10^{-5}$	$+8{,}8.10^{-5}$	$+9{,}95.10^{-5}$	$+9{,}05.10^{-5}$	$-5{,}66.10^{-5}$
δ, min	−0,646	−0,562	−0,483	−0,227	+0,36

Tabela 4

Înfășurarea primară este compusă din 4 mănunchiuri a 15 spire fiecare, așezate simetric

Curentul în procente din I_N	10%	20%	40%	60%	100%
ε	$+5{,}87.10^{-6}$	$+5{,}87.10^{-6}$	$+5{,}7.10^{-6}$	$+5{,}56.10^{-6}$	$+5{,}18.10^{-6}$
δ, min	−0,0173	−0,0162	−0,0129	−0,0119	−0,0075

Tabela 5

Înfășurarea primară este compusă din 3 mănunchiuri a 20 spire fiecare, așezate nesimetric

Curentul în procente din I_N	10%	20%	40%	60%	100%
ε	$+7{,}02.10^{-6}$	$+10{,}8.10^{-6}$	$+13{,}9.10^{-6}$	$+16{,}9.10^{-6}$	$+23{,}1.10^{-6}$
δ, min	−0,132	−0,173	−0,181	−0,175	−0,208

10μ V și cu impedanță de intrare de peste 300 kΩ.

Tensiunea la bornele înfășurării de detecție, în apropierea echilibrului, este puternic nesinusoidală, predominînd armonica a treia.

În cazurile în care înfășurarea primară este nesimetric plasată, armonicele tensiunii la bornele înfășurării de detecție cresc considerabil (ajungînd pînă la cîteva zeci de mV pentru curent de 5 A). Amplitudinile acestor armonici cresc rapid cu curentul secundar, ceea ce arată că ele se datoresc magnetizării neuniforme a miezului (fluxul total prin înfășurarea de detecție este nul, dar inducția magnetică în diferitele porțiuni ale miezului este diferită de zero).

Nu s-a constatat o influență sensibilă a cîmpurilor magnetice și electrice exterioare asupra instalației.

Alte încercări experimentale

Determinarea experimentală a sensibilității instalației s-a efectuat trecînd un curent alternativ cunoscut printr-un număr cunoscut de spire ale uneia dintre înfășurările torului (primar sau secundar) și măsurînd tensiunea la bornele înfășurării de detecție. S-a obținut o tensiune de circa 3,5 mV pentru o solenație de 1 mA spiră. Aceasta echivalează cu o sensibilitate raportată la secundar de 0,21 V/mA (210 Ω).

În cazul cel mai defavorabil, la un curent secundar de 10% din curentul nominal, o variație de 10^{-6} a acestui curent produce o tensiune de dezechilibru de 0,1 mV, care poate fi pusă în evidență chiar cu un indicator de nul de sensibilitate redusă.

Cu instalația descrisă au fost determinate erorile unui transformator de curent clasa 0,02 (producție Tettex-Elveția), folosind montajul din figura 3. Datele obținute sînt cuprinse în tabela 6.

Tabela 6

Rezultatele obținute la etalonarea unui transformator de curent de clasă 0,02 (fabricație „Tettex")

I în % din I_N	5/5		10/5		20/5		25/5		50/5		100/5	
	ε, %	δ, min	ε, %	δ, min	ε, %	δ, min	ε, %	δ, min	ε, %	δ, min	ε, %	δ, min
10	−0,0115	+0,396	−0,0091	+0,4	−0,0087	+0,44	−0,0079	+0,42	−0,0056	+0,42	−0,0029	+0,45
20	−0,0119	+0,32	−0,01	+0,34	−0,0094	+0,37	−0,0084	+0,36	−0,0064	+0,35	−0,004	+0,34
50	−0,0127	+0,2	−0,011	+0,26	−0,0104	+0,25	−0,0095	+0,23	−0,0076	+0,21	−0,005	+0,13
100	−0,0132	+0,073	−0,0114	+0,094	−0,0109	+0,14	−0,0102	+0,09	−0,0085	+0,066	−0,0041	+0,128

Concluzii

Pe baza măsurărilor efectuate asupra instalației realizate, se poate considera că erorile proprii ale comparatorului de curent nu depășesc valorile următoare :

— *Eroarea de raport* :

a) $1{,}5.10^{-6}$ — pentru curent primar nominal de 5—60 A;

b) 6.10^{-6} — pentru curent primar nominal de 75 și 100 A.

— *Eroarea de unghi* :

a) 0,003—0,01 min pentru curent primar nominal de 5 — 60 A;

b) 0,01—0,03 min pentru curent primar nominal de 75 și 100 A (limitele la eroarea de unghi depind de fracțiunea din curentul nominal care circulă în secundar, între 10% și 100%).

La aceste erori se adaugă imprecizia cunoașterii valorilor rezistențelor r (cu valoare nominală de 0,05 Ω) și a valorilor R (cutie de rezistențe) și C (cutie de capacități). Acești factori produc o eroare asupra erorii măsurate (de raport sau de unghi), și nu asupra raportului de transformare măsurat. Astfel, dacă imprecizia globală a acestor elemente se apreciază la 0,5% înseamnă că eroarea măsurată a transformatorului supus etalonării va fi cunoscută cu o imprecizie compusă din aceea a comparatorului (în % din raportul de transformare nominal) și aceea a elementelor auxiliare (în % din eroarea măsurată). De exemplu, dacă la măsurarea erorii de raport a unui transformator cu raport 10/5 A rezultă valoarea de 0,024%, ținînd seamă de incertitudinile arătate, valoarea reală a erorii va fi cuprinsă între limitele :

$$\varepsilon = 0{,}024\,(1 \pm 0{,}005) \pm 0{,}00015 = (0{,}024 \pm \pm 0{,}00027)\%.$$

În orice caz, precizia instalației realizate depășește considerabil precizia necesară etalonării celor mai bune transformatoare de curent folosite în prezent.

Datorită principiului de funcționare a instalației și modului de realizare constructivă a acesteia, se asigură rapiditatea și comoditatea măsurărilor, fără a fi necesare măsuri de precauție speciale.

Metoda de etalonare bazată pe șunturi rezistive asigură o precizie cu atît mai mică, cu cît curentul primar nominal este mai mare; de obicei, erorile acestei metode sînt cuprinse între 10^{-5} și 10^{-3}. De asemenea, măsurările prin această metodă sînt laborioase, necesită precauții multiple și instalații voluminoase.

Rezultă că instalația realizată de autori prezintă avantaje însemnate în ce privește precizia, comoditatea măsurărilor și prețul de cost.

În prezent, este în curs de realizare o instalație similară cu cea descrisă, pentru etalonarea transformatoarelor de curent cu curent primar nominal mare, cuprins între 100 A și 2 000 A.

Bibliografie

[1] *Rump, W.* Über die Bestimmung der Fehler von Normalstromwandlern mit dem Differentialring. In : Deutsche Elektrotechnik, nr. 10, 1954, p. 352.

[2] *Obradovic, I., Miljanic, P.* și *Spiridonovic, S.* Stromwandlerprüfung mit dem Stromkomparator und eine elektrische Hilfsanordnung. In : ETZ—A, **78**, 1957, p. 699.

[3] *Kusters, N. L.* și *Moore, W.J.M.* The current comparator and its application to the absolute calibration of current transformers. În : Trans. AIEE, Power Apparatus and System, **80**, aprilie 1961, p. 94.

[4] *Van Djun-Yuan, Cijao Cyao-Cyan* și alții. Ob odnoi ustanovke dlia poverki transformatorov toka. Acta IMECO, 25—CH—142, vol. V, 1961, p. 217.

[5] *Millea, A, Stoica, A.*, și *Gruia, N.* The use of inductive current comparators for precise measurements. Acta IMECO, 1964.

Intrat în redacție la 28.II.1964

RECENZIE

CZ 621.316.5/9

M. A. Babikov. **Aparate electrice, vol. III** (Elektriceskie apparatî, ciasti III). Moscova-Leningrad, Gosenergoizdat, 1963.

Această lucrare a apărut ca o continuare a primelor două volume traduse și în limba română, primul fiind tradus în anul 1953, iar al doilea, în 1959.

Primul volum al lucrării cu același titlu conține clasificarea aparatelor și bazele calculului circuitelor și mecanismelor magnetice, forțelor electrodinamice, proceselor din arcul electric, încălzirii și răcirii.

Al doilea volum, care tratează despre aparatele electrice de joasă tensiune, este astfel structurat încît poate constitui o lucrare independentă, fără a se mai repeta partea teoretică a elementelor, tratată în primul volum.

În prezenta lucrare (volumul al treilea al cărții), „Aparate electrice", scrisă de M. A. Babikov, doctor în științe tehnice, se tratează despre aparatele electrice de înaltă tensiune din sistemele electroenergetice.

În această carte se răspunde la întrebările teoretice ridicate de construcția și exploatarea aparatelor de înaltă tensiune, bazele constructive ale aparatelor care deschid și protejează, ca limitator, circuitele.

Cartea se adresează inginerilor, tehnicienilor, muncitorilor, care se ocupă cu producerea, montarea și exploatarea aparatelor de înaltă tensiune din sistemele electromagnetice, cum și studenților care se specializează în proiectarea și construcția aparatelor electrice.

În lucrare se răspunde la întrebările în legătură cu particularitățile constructive ale aparatelor de înaltă tensiune, utilizate în sistemele electroenergetice. Materialul cărții este cules din bogata experiență a constructorilor de aparate electrice sovietice, cum și din lucrări din alte țări cu experiență mare în acest domeniu, cum ar fi : S.U.A., Franța, Germania, Anglia, Elveția ș.a.

Lucrarea este împărțită în opt capitole.

Primele două capitole se ocupă de problemele generale, de teoria și calculul aparatelor electrice, parte din ele fiind o reluare a tratării teoretice a unor elemente prezentate în primul volum al lucrării.

În capitolele următoare sînt prezentate caracteristicile constructive și cîteva elemente de calcul al aparatelor de înaltă tensiune : întreruptoare, separatoare, siguranțe, reactoare limitatoare de curent (bobine de reactanță).

Volumul mare al cărții nu a permis editurii să primească din partea autorului și ultimele trei capitole : transformatoare de curent și de tensiune, descărcătoare și complete de aparate.

Autorul intenționează să scoată aceste capitole într-o viitoare publicație.

Primul capitol al lucrării, intitulat „Probleme generale ale aparatelor de înaltă tensiune", prezintă cîteva noțiuni de bază și definiții (definiția întreruptorului, întreruptorului de putere, separatorului, siguranțelor fuzibile, descărcătoarelor, bobinelor de reactanță, transformatoarelor de tensiune și de curent, condensatoarelor), tensiuni nominale și curenți nominali, cum și probleme legate de încălzirea aparatelor electrice, de determinarea forțelor electrodinamice în aparate, de contactele electrice ale aparatelor, de fenomenele care însoțesc arcul electric la deschiderea circuitelor, izolația electrică a aparatelor.

De asemenea, sînt prezentate cunoștințe de bază despre mecanismele care se utilizează în aparatele electrice de înaltă tensiune, condițiile de lucru ale aparatelor de înaltă tensiune și cerințele de bază care rezultă din ele.

Capitolul doi, intitulat „Caracteristicile tehnice de bază și elementele generale ale întreruptoarelor", după ce prezintă cîteva considerații generale, tratează despre parametrii de bază și caracteristicile întreruptoarelor, despre desfacerea contactelor și conectarea întreruptoarelor.

Se prezintă de asemenea problema folosirii rezistențelor de șuntare, cum și deosebirile de lucru ale întreruptoarelor la conectarea pe curenți inductivi și capacitivi mici.

Se tratează mai amănunțit problema mecanismelor întreruptoarelor, insistîndu-se și asupra comenzii întreruptoarelor, lucrul mecanic la închidere și puterea tijelor mecanismelor, prezentîndu-se și construcția amortizoarelor întreruptoarelor.

În capitolul trei, intitulat „Întreruptoare cu ulei", după ce se prezintă cîteva noțiuni generale privind acest tip de întreruptoare, sînt prezentate camerele de stingere ale întreruptoarelor cu ulei mult, elementele de calcul al acestor camere, mecanismele de acționare, construcția cuvelor de ulei și calculul acestora, încheindu-se cu întreruptoarele cu ulei puțin, la care sînt prezentate elemente constructive și tabele cu caracteristici.

Capitolul patru, intitulat „Întreruptoare cu aer comprimat" (întreruptoare pneumatice), începe cu principiul de acționare a acestor întreruptoare, camerele de stingere folosite la acest tip de întreruptoare, schemele constructive de bază și exemplele constructive de întreruptoare pneumatice.

Sînt prezentate, de asemenea, procesele gazodinamice în legătură cu golirea și umplerea cu aer comprimat, care constituie un element al întreruptoarelor pneumatice. Se continuă apoi cu fenomenele de arc electric și procesele gazodinamice în camerele de stingere, făcîndu-se și o evaluare aproximativă a eficacității de lucru a camerelor de stingere în aceste întreruptoare, încheind capitolul cu studiul elementelor pneumatice de bază.

Capitolul cinci, intitulat „Întreruptoare de sarcină", începe, de asemenea, cu cîteva considerații generale, făcînd apoi o prezentare a întreruptoarelor automate, continuînd cu întreruptoarele cu autoformare de gaze, cu întreruptoarele electromagnetice, cu cele cu hexaflorură de sulf (SF_6), care se mai numesc și întreruptoare cu elegaz comprimat, și încheind capitolul cu întreruptoarele cu vid.

În capitolul șase, intitulat „Separatoare, separatoare și scurtcircuitoare", după ce se fac cîteva considerații generale despre separatoare, se începe cu prezentarea construcțiilor de bază ale acestora. După aceea se studiază deschiderea separatoarelor pe curenți mici, prezentîndu-se în continuare separatoarele și scurtcircuitoarele, după care se încheie cu acționarea separatoarelor.

În capitolul șapte, intitulat „Siguranțe de înaltă tensiune", după ce se dau unele noțiuni generale, se prezintă construcția acestora și a siguranțelor fuzibile prevăzute cu reanclanșare automată (APV).

Ultimul capitol al cărții (capitolul opt), intitulat „Reactoare limitatoare de curent", care se mai numesc și bobine de reactanță, începe cu cîteva considerații generale, după care sînt prezentate bobinele de reactanță fără miez de oțel, încălzirea acestora și pierderile de putere în ele.

Se trece apoi la studiul forțelor electrodinamice la acest tip de bobine, prezentîndu-se în continuare construcția acestora, încheind capitolul cu un exemplu de calcul al unei bobine de reactanță fără miez de oțel.

În concluzie, prin ilustrarea bogată, prin varietatea de tipuri de aparate prezentate, studiindu-se principalele construcții ale celor mai răspîndite dintre ele, de fabricație indigenă și străină, fiind date și elemente de calcul al parametrilor principali ai aparatelor de înaltă tensiune, lucrarea constituie un prețios material, atît pentru aceia care se ocupă cu proiectarea, construcția și exploatarea aparatelor electrice de înaltă tensiune, cît și pentru aceia care se pregătesc în domeniul aparatelor electrice.

V. Truşcă

REFERATE

CZ 621.3 *Electrotehnică generală*

CZ 621.3.018.141 : 66/69

Relații între factorul de putere din întreprinderile industriale și tensiunea de alimentare (Otnosenie mejdu moşnosti koefițent promîşlennosti pritpriatia i pitainoscia napriajenia). In : Gospodarka palivamii i energhia 11, nr. 7, 1963, p. 265.

După ce se face o succintă prezentare a posibilităților de îmbunătățire a factorului de putere se arată că, pentru determinarea puterii bateriilor de condensatoare destinate compensării factorului de putere, este necesară cunoașterea relației dintre factorul de putere și tensiunea de alimentare. Pentru determinarea acestei relații au fost întocmite de un colectiv — pe baza caracteristicilor statice de tensiune — curbe care reprezintă variația factorului de putere în funcție de raportul dintre tensiunea reală de alimentare și tensiunea nominală a rețelei electrice considerate. Curbele pot fi trasate fără dificultăți, pentru diferite valori ale coeficientului unghiular al caracteristicilor de tensiune. Cu valorile citite pe diagramă se pot determina caracteristicile bateriilor de condensatoare pentru valori ale raportului tensiunii reale pe cea nominală cuprinse între 0,9—1,1. Bateriile de condensatoare proiectate, construite și exploatate prin aplicarea metodei descrise în articol, asigură compensarea rațională în limite tehnico-economice adecvate a factorului de putere, independent de variațiile de tensiune din rețeaua electrică de alimentare.

A.C.

CZ 621.313 *Mașini electrice*

CZ 621.313.322—81.001.14

Richardson, P. **Dezvoltări ale turbogeneratoarelor mari** (Developments in large turbo-type generators). In : IEEE transactions, nr. 68, oct. 1963, p. 639—646, 4 fig.

Construcția marilor turbogeneratoare moderne a devenit posibilă ca urmare a dezvoltării posibilităților de forjare, a tehnologiei de fabricație și a progreselor de proiectare, în urma unor analize ale rezultatelor obținute, cît și ale accidentelor. Articolul de față reamintește progresele care au dus la construirea generatoarelor răcite cu lichid și dezbate o serie de probleme importante cînd se urmărește o putere debitată cît mai mare. Dintre aceste probleme se discută încălzirea datorită secvenței inverse, funcționării în asincron și funcționării cu excitație insuficientă ; înlocuirea excitatricei de curent continuu prin curent alternativ redresat ; reglarea automată a tensiunii ; greutățile care au survenit la inelele colectoare și la perii, o dată cu mărirea curentului de excitație ; în sfîrșit, problema torsiunii arborilor și a eforturilor în cuplaje. Deși tratarea problemelor nu este completă, este interesant de cunoscut punctul de vedere al unei mari fabrici în aceste probleme.

H. A.

CRONICĂ

CZ 061.3 : 620.9 (498) „1963"

Sesiunea de comunicări a Institutului de energetică al Academiei R.P.R.

În zilele de 26—27 martie 1964 s-a ținut sesiunea anuală de comunicări științifice, la care colectivele de cercetători de la Institutul de energetică au prezentat rezultatele muncii lor din cursul anului 1963. După ce acad. prof. emerit *I. S. Gheorghiu* a deschis sesiunea, acad. prof. *Remus Răduleț* a trecut în revistă principalele realizări ale colectivelor de cercetare, dezvoltarea bazei materiale, creșterea și ridicarea nivelului cadrelor și relațiile cu străinătatea.

Din secția de energetică s-au prezentat patru comunicări:

1. *T. Miclescu, Al. Pap, I. Niculescu* și *S. Iordache*: „Model matematic de optimizare a bilanțului energetic general".

2. *Cs. Nagy, V. Caracudovici* și *S. Manea*: „Contribuții la prognoza necesarului de energie brută".

3. *V. Caracudovici, S. Manea, Cs. Nagy, C. Panaitescu*, și *M. Weiss*: „Contribuții la predeterminarea necesarului de energie în consumul casnic din R.P.R.".

4. *C. Guțu, M. Petcu* și *A. Soci*: „Criterii generale de apreciere a efectelor economice ale variațiilor de tensiune".

În domeniul electroenergeticii și electrotehnicii au fost prezentate următoarele comunicări, însoțite de un scurt rezumat, deoarece ele se încadrează în tematica generală a revistei noastre.

5. *E. Arie, M. Pomîrleanu* și *P. Nicolae*: „Factorii determinanți ai repartiției optime a puterilor între centralele unui sistem electroenergetic".

Pe baza unui exemplu de calcul al repartiției puterilor într-un sistem cuprinzînd cinci centrale termo și două centrale hidroelectrice, se analizează ce efecte au asupra economiei de combustibil caracteristicile economice ale centralelor termoelectrice, modul de acoperire a variațiilor momentane ale sarcinilor, pierderile în rețele și volumul de apă disponibil pentru centralele hidroelectrice.

Calculele au fost efectuate cu ajutorul calculatorului analogic MECAN II al Institutului de energetică al Academiei R.P.R., în ipoteza optimizării pentru un interval de 24 de ore, pe baza criteriului minimului de combustibili convenționali, la un volum total constant de apă disponibil pentru o centrală hidroelectrică.

S-au dedus concluzii privind importanța factorilor analizați, precizia de calcul necesară și posibilitățile de simplificare a calculelor.

6. *L. Groza*: „Metoda analitică drept cale fundamentală pentru determinarea mărimii și evoluției parametrilor sistemelor energetice".

Pînă în prezent se folosesc, pentru determinarea valorii statismului general al sistemului, a timpului de lansare și a funcției de transfer, cîteva metode, și anume: a deconectărilor, statistică, statistico-analitică.

Calea nouă analitică examinată în lucrarea de față se bazează pe analiza fizică a elementelor ce compun acești parametri din care rezultă o formulă generală în care diversele componente caracterizează starea sistemului la un moment dat, ele putînd fi obținute prin informații de uz curent. Exactitatea obținută este suficientă, chiar dacă aceste informații se reduc, de exemplu, numai la agregatele mari din sistem sau la categorii mari de consumatori. Celelalte metode de determinare pot fi folosite pentru eventuale verificări prin sondaj completînd metoda analitică propusă.

Avantajul metodei analitice constă în faptul că nu provoacă perturbații în funcționarea sistemului, este ușor de aplicat și se poate ușor adapta diverselor situații.

7. *A. Avramescu, G. Drăgan, I. Adămuț* și *M. Petcu*: „Supratensiuni de comutație, modelate printr-un cvadripol".

Deoarece studiul supratensiunilor ce apar la declanșarea liniilor în gol pe cale analitică sau a încercărilor experimentale în sistem întîmpină dificultăți, în cadrul Institutului de energetică s-a pus problema utilizării în acest scop a calculatoarelor electronice și, o dată cu aceasta, a stabilirii unei metodologii de cercetare în acest domeniu.

Lucrarea prezentată se referă la studiul supratensiunilor care apar la declanșarea unei linii în gol, utilizînd calculatorul analogic MECAN II. Linia este reprezentată printr-o capacitate, ceea ce este admisibil pentru linii a căror lungime nu este prea mare, iar sursa printr-o inductanță, rezistență și capacitate. Pe lîngă schema de programare adoptată pentru studierea fenomenului, se indică modelarea generatorului de tensiune sinusoidală și a întreruptorului în cazul diferitelor caracteristici de funcționare. Realizarea trecerii de la un regim tranzitoriu de funcționare la altul se face cu ajutorul unei scheme cu relee.

Rezultatele obținute cu ajutorul calculatorului analogic, pentru schema studiată, sînt în concordanță cu exemplele menționate în literatură în cazul studierii fenomenului pe modele fizice sau cu rezultatele obținute în sistem. Totodată s-a putut studia influența fiecărui parametru asupra amplitudinii și formei supratensiunii.

Metodologia de cercetare stabilită dă posibilitatea studierii acestor supratensiuni cu ajutorul calculatorului analogic și în cazul unor scheme echivalente mai complexe.

8. *R. Răduleț* și *P. Dimo*: „Teoria celor mai simple scheme complete ale rețelelor electrice".

După ce se definesc proprietățile ce trebuie împlinite de o schemă ca să fie echivalentă unei rețele în raport cu o latură considerată, se arată că cele două structuri simple sînt: o schemă derivație și o schemă serie. Se enunță teoremele schemei de tip derivație — schemă cunoscută din analiza nodală — și se stabilește pentru schema serie o teoremă duală corespunzătoare schemei derivație. Dispoziția derivație a generatoarelor și sarcinilor, care au toate un nod comun — pămîntul —, fac din schema derivație schema reprezentativă a sistemelor electroenergetice, a căror structură este asemănătoare. La rîndul ei, schema echivalentă serie poate conveni la rețele în care elementele neliniare (generatoare sau sarcini în cazul sistemelor energetice) ar fi dispuse în schema reală în serie, structura schemei echivalente fiind, de asemenea, în acest caz, asemănătoare cu a rețelei reale.

9. *P. Dimo*: „Tipizarea generalizată a analizei nodale prin echivalenți radiali (REI)".

Analiza nodală pe echivalenți radiali (REI) este o cale generală de analiză a sistemelor electroenergetice, care sînt înlocuite pentru studiu de scheme simple radiale, independent de complexitatea sistemului real. Studiul se face analitic, topologic și grafic și a fost același la o tipizare totală, adică:

— analitic, se utilizează generalizat matricea admitanțelor (Y) care se reduce ca rînduri și coloane, se restabilește sau se restructurează printr-un același procedeu simplu de reducere a nodurilor (sau de introducere a lor); matricele alcătuiesc adevărate tabulări ale admitanțelor schemelor echivalente;

— topologic, fiecare rînd al matricei este o tabulare a admitanțelor schemei radiale a nodului respectiv, schemă care astfel este găsită prin identificarea termenilor rîndului. Asamblarea schemelor duce la un echivalent REI bloc, de impedanțe, ce reprezintă întreg sistemul, și ale cărei admitanțe se găsesc deci tabulate în matricea (Y) în întregime. Studiul echivalenților REI ai unui nod sau ai sistemului întreg alcătuiește studiul topologic care se face deci pe un sistem simplu întotdeauna cu aceeași structură tipizată;

— grafic, studiul se face pe „imaginile nodurilor" care sînt alcătuite din vectori reprezentativi — curenți de scurtcircuit — și pot fi considerate ca diagrame tipizate prin care fenomenele ce apar în sistem sînt văzute printr-un anumit nod. Se observă că s-a ajuns la o tipizare totală a procedeelor analitice, a structurilor topologice și a imaginilor reprezentative.

10. *V. M. Popov*: „Hiperstabilitatea sistemelor automate cu mai multe funcții de comandă".

Se studiază sistemele automate care au o parte liniară — descrisă de un sistem de ecuații diferențiale de forma (S):

$$du/dt = Au + Bx$$

(x este funcția — vector de comandă; u — o mărime de starea părții liniare);

— şi o parte neliniară, descrisă printr-o relaţie suplimentară între vectorii u şi x. Fără a particulariza această relaţie, se presupune doar că ea asigură îndeplinirea unei inegalităţi de forma (I):

$$\int_0^t P\ [x(t),\ u\ (t)]\ dt \leqslant K_1 \sup_{0 \leqslant \tau \leqslant t} \| u\ (\tau) \| + K_2,$$

unde:

$P\ (x,\ u)$ este o formă pătratică de vectorii x şi u, iar K_1 şi K_2 sînt constante pozitive sau nule. Hiperstabilitatea sistemului studiat înseamnă stabilitatea lui, în sensul lui Liapunov, pentru orice funcţie de comandă $x(t)$, care verifică inegalitatea de mai sus. Pentru ca sistemul să fie hiperstabil este necesar şi — în esenţă suficient ca o anumită matrice $H\ (\omega)$, legată de sistemul (S) şi de inegalitatea (I), să fie pozitiv semidefinită, oricare ar fi numărul real ω. Se studiază în continuare regimurile periodice — limită, hiperstabilitatea asimptotică şi problema construirii unei funcţii Liapunov.

11. *C. Penescu*: „Măsurarea numerică a factorului de putere".

Măsurarea puterilor active şi reactive pe cale numerică în cadrul sistemelor energetice este deosebit de actuală, atît din punctul de vedere al preciziei mărite, cît şi din cel al conducerii centralizate al acestor sisteme.

Actualmente măsurarea numerică a acestor puteri se face fie folosind traductoare electromecanice, fie statice, însă cu un element analog-analog de intrare şi un wattmetru numeric.

În lucrare se descriu soluţii de măsurare a factorului de putere, cos φ (şi sin φ) în scopul realizării de wattmetre şi watmetre numerice.

Sînt date trei soluţii: cu generator de impulsuri modulat în frecvenţă, cu reţea neliniară de descifrare şi cu sistem de descifrare cu reacţie.

12. *I. S. Antoniu*: „Asupra postulării puterii în transformarea reţelelor prin metoda G. Kron".

13. *A. Moraru* (I. I. S. „Automatica") „Cîmpul electric între două armături cilindrice cu axele paralele".

14. *C. V. Bălă*: „Posibilitatea rezolvării analogice a problemei încălzirii polilor inductori masivi ai maşinilor sincrone".

15. *M. Marinescu*: „Criterii pentru studiul comparativ al motoarelor parametrice".

Pentru asimilarea în producţie a unor noi tipuri de maşini este necesară o justificare pe bază tehnico-economică. O asemenea justificare se poate face prin introducerea unor indici tehnico-economici, specifici noului tip de maşină, şi care să ilustreze, în mod obiectiv şi în plus faţă de avantajele de ordin funcţional, economia de material şi energie care se poate realiza, folisind, pentru un anumit domeniu de aplicaţie, noile tipuri de maşini, în comparaţie cu maşinile existente. Stabilirea unor asemenea indici pentru noile motoare de tip parametric, cu alimentare în impulsuri de curent, constituie obiectul prezentei lucrări. Pornind de la teoria acestor motoare, dezvoltată în lucrări anterioare, se defineşte astfel „factorul de calitate electromagnetic" al unui asemenea motor. Se determină expresia produsului $S_c.S_F$ dintre secţiunea ferestrei de cupru şi secţiunea circuitului magnetic, în funcţie de acest factor, şi se trag concluzii asupra gabaritului motorului.

Se calculează, după aceea, expresia randamentului electric al motorului în funcţie de acelaşi factor şi se trag concluzii asupra formei optime a circuitului magnetic.

În sfîrşit, se determină expresia factorului de putere în cazul cînd alimentarea se face prin impulsuri trapezoidale de curent, iar ciclul descris în planul fazelor are un anumit contur.

Se stabileşte o relaţie între fluxul de scăpări şi fluxul de înlănţuire care determină o valoare maximă a factorului de putere. Se analizează influenţa diferiţilor factori care intervin în expresia valorii maxime a factorului de putere, relaţia dintre randament şi factorul de putere — şi se trag concluzii asupra importanţei raportului dintre valoarea eficientă şi valoarea de vîrf a curentului.

Au mai fost prezentate şapte comunicări din domeniul termoenergeticii şi cinci comunicări din domeniul combustibililor.

Comunicările au evidenţiat clar progresele realizate de către colective, mai ales în sensul ridicării nivelului ştiinţific şi neuristic al lucrărilor, prin folosirea maşinilor electronice de calcul în rezolvarea problemelor matematice complexe.

A. Avramescu

CZ 061.3 :621.313.3 (498.11) „1963"

Sesiune tehnico-ştiinţifică la Uzina de maşini electrice — Bucureşti

În ziua de 8 noiembrie 1963, la Uzina de maşini electrice — Bucureşti s-a ţinut o sesiune tehnico-ştiinţifică cu titlul „Aspecte ale progresului tehnic în fabricarea maşinilor electrice".

Au participat cadre de conducere şi tehnice din uzină, invitaţi din instituţii şi întreprinderi din Capitală şi provincie, cum şi din minister. Sesiunea a fost deschisă de către ing. M. Gheorghiu, directorul întreprinderii.

Comunicările au fost de trei categorii:

— Comunicări care au arătat rezultatele unor cercetări asupra unor probleme noi.

— Comunicări care au arătat unele realizări mai importante şi mai interesante la Uzina de maşini electrice — Bucureşti.

— Comunicări cu caracter informativ şi de sinteză pe plan internaţional, a unor probleme care interesează producţia modernă de maşini electrice.

Redăm cîteva aspecte mai interesante din comunicările făcute:

— În comunicarea: „Probleme legate de realizarea seriei unitare de motoare de curent alternativ şi a derivatelor ei", ing. *A. Berberianu* analizează, printre altele, problema motorului cu tălpi aşezate nesimetric faţă de carcasă, soluţie propusă pe linia conferinţelor internaţionale C.E.I. şi C.A.E.R., în scopul obţinerii motorului cu inele în acelaşi gabarit cu cel în scurtcircuit.

— În comunicarea: „Experimentarea unui nou sistem de ventilaţie la seria unitară de motoare asincrone", ing. *E. Niculescu* expune un sistem de ventilaţie original, care înglobează ventilaţia interioară şi exterioară, mărind considerabil coeficientul de transmisie a căldurii de la interior la exterior. Sînt arătate rezultatele experimentărilor.

— În comunicarea: „Maşini electrice cu crestătură complet închisă", „ing. *V. Bunea* expune o metodă de calcul originală a acestor tipuri de maşini electrice, cu aplicaţie la motoarele submersibile. Sînt arătate rezultatele experimentărilor.

— În comunicarea: „Aspecte noi privind organizarea procesului de producţie", referentul ing. *I. Lazaroniu* arată felul cum s-a putut organiza procesul de producţie în condiţiile unui plan mult mărit, atît din punct de vedere cantitativ, cît şi ca sortiment, practic, pe aceleaşi suprafeţe productive cu un minim de investiţii. Se descriu liniile tehnologice noi în flux şi micşorarea la maximum a transportului intern prin mutări între secţii. Ca măsuri organizatorice s-a înfiinţat serviciul sculer-şef şi s-a organizat o nouă schemă a producţiei.

— În comunicarea: „Unele soluţii de mecanizare în fabricaţia maşinilor electrice la U.M.E.B.", referentul ing. *Al. Nistor* descrie o serie de utilaje speciale şi specializate pentru execuţia maşinilor electrice, de exemplu: linia de prelucrare a axelor în flux, dispozitivul hidraulic de încărcare şi descărcare de piese grele la presele pentru împachetaj, dispozitive de bobinaj la demaroare, dispozitiv pentru montat polii, dispozitiv pentru călire cu curenţi de frecvenţă ridicată, cu ciclu programat etc.

— În comunicarea: „Ambalaje etanşe de tip „Kocoon" pentru protecţia produselor industriale în timpul transportului maritim şi depozitării de lungă durată în climat tropical umed", referentul ing. *V. Ţenescu* arată modul cum poate fi realizat acest fel de ambalaj, foarte simplu, însă foarte eficient. Acest ambalaj este o aplicare tipică a materialelor plastice în cea mai modernă formă.

— Referentul ing. *Popescu C.* expune în comunicarea sa: „Convertizoare moderne de sudură fabricate la U.M.E.B." realizările uzinei în acest domeniu. După ce se arată care sînt principiile şi caracteristicile maşinilor de sudură moderne, ce trebuie să corespundă diferitelor tipuri de sudură cu tensiuni şi caractere variabile, se arată două tipuri de astfel de convertizoare, de 500 A şi 350 A, realizate la U.M.E.B.

— Referentul ing. *N. Ionescu* expune în comunicarea sa: „Principii de organizare a fabricaţiei în flux, aplicate la producţia de maşini electrice U.M.E.B." evoluţia în timp a străduinţelor pentru organizarea raţională a fabricaţiei pe principiul fluxurilor tehnologice. Se insistă asupra rezultatelor pozitive obţinute în ritmicitatea producţiei, efectele economice şi cele legate de îmbunătăţirea calităţii.

În cea de-a treia categorie de comunicări referentul ing. *C. Răduţ*, în comunicarea sa: „Motoare asincrone cu mai multe viteze", expune realizările la acest fel de tipuri de motoare pe plan internaţional. Se prezintă obţinerea diferitelor viteze prin modularea cîmpului şi variaţia continuă a vitezei la motoarele aşa-zise de tip logaritmic, la care numărul de spire ale bobinajului inductor este distribuit logaritmic, iar alimentarea se face printr-un regulator de fază. S-au arătat şi realizările U.M.E.B. la motoare cu mai multe viteze-bobinaj Dahlander. Ing. *Al. Cotta* arată metodele Dahlander privind fabricaţia colectoarelor. Referentul face o analiză constructivă şi tehnologia a două tipuri de colectoare care, în prezent, se execută la U.M.E.B., şi anume: în coadă de rîndunică şi cu inele interioare de bandaj. S-au analizat domeniile de folosire a fiecărui tip şi avantajele tehnico-economice rezultate.

S-au analizat şi problemele de execuţie a acestor colectoare.

De asemenea, din comunicări rezultă că laboratorul chimic al Uzinei de maşini electrice are un rol important în procesul de producţie al uzinei.

Printre lucrările efectuate în cadrul laboratorului trebuie menţionate analizele fierului şi a altor metale, ale materialelor izolante, a lacurilor şi vopselelor şi, mai ales, analiza compoziţiei băilor galvanice.

Cu aceste probleme s-a ocupat ing. *Diana Pătrăşcoiu*, arătînd în comunicarea sa metodele rapide complexometrice de analiză cantitativă a unor elemente chimice, de exemplu, la controlul băilor galvanice.

Toate comunicările au fost urmărite cu interes şi au fost urmate de întrebări şi discuţii care au dus la o clarificare a problemelor.

V. Bunea

SCURTE ŞTIRI

Încă un agregat de 200 MW. Constructorii URES „Tomi-Uşinskaia" au repurtat încă o victorie în muncă; a intrat în funcţiune al şaptelea bloc al uzinei, cu o putere de 200 MW.

Din „Pravda" nr. 64/04.01.1964.

Sporirea puterii UHE „Dnieproghes". Specialiştii din filiala ucraineană a institutului „Hidroproiect" elaborează un proiect de lărgire a „Dnieproghesului. La baza barajului de pe malul stîng se va construi o sală nouă de maşini cu şase hidroturbine, de o putere totală de 750 MW.

Din „Pravda" nr. 83/23.03.1964

Instalaţii electrice importante dincolo de cercul polar. Firma austriacă ELIN-UNION a obţinut o comandă din Suedia pentru construcţia unui grup transformator, de o putere de 309 MVA. Grupul este compus din trei unităţi şi dintr-o fază de rezervă. El va fi instalat într-o UHE Letsi, care se află la nord de cercul polar. Prima parte va fi alimentată cu o tensiune de 16 kV, de la două hidroalternatoare, în partea a doua tensiunea fiind de 400 kV. Energia va fi transportată de la uzina Letsi, printr-o linie de 2 000 km spre sud, în regiunile industriale centrale. Proiectul pentru această UHE s-a elaborat cu ajutorul maşinilor electronice de calcul, iar în executarea lucrării vor fi folosite procedee tehnologice noi. Încercarea transformatorului terminat se va face la impuls cu o tensiune de 1 425 kV.

Din „Elektrotechnik und Maschinenbau" nr. 14, 1963.

A doua uzină electrică nucleară din India. Guvernul Indian a aprobat un proiect de construire a celei de-a doua uzine electrice nucleare, care urmează a fi dată în exploatare în anul 1967 la Rana Pratar. Puterea acestei uzine electrice va fi de 200 MW, iar cheltuielile totale de construcţie se evaluează la circa 68 milioane dolari. Drept combustibil urmează a fi utilizat aici uraniu natural.

Din „Promîşlennaia energhetica" nr. 9, 1963.

Obţinerea plasmei stabile. Pentru diferite reacţii termonucleare este necesar să se atingă temperatura de circa 100×10^6°C. Plasma stabilă se poate menţine numai în aşa-numitul „vas magnetic". Oamenii de ştiinţă sovietici au reuşit, în ultimul timp, să menţină curentul de plasmă la temperatura de 40×10^6°C timp de cîteva sutimi de secundă. Plasma este injectată în vasul magnetic şi accelerată prin cîmp electric la energia necesară. Cel mai însemnat succes constă în aceea că, în perioada existenţei sale, plasma este stabilă.

Din „Energietechnik" nr. 8, 1963.

COMITETUL DE REDACTIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU; prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, membru coresp. al Acad. R.P.R.; Acad. dr. ing. A. AVRAMESCU — redactor responsabil; ing. V. BUNEA; ing. V. CIOFU; prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU; ing. AL. GRECEANU; ing. ŞT. GROSU; conf. ing. G. HORTOPAN — redactor responsabil adjunct; conf. ing. G. LAZARIDE; ing. A. POPA; prof. ing. CRISTINA POPESCU; ing. VL. POPOVICI; Acad. prof. dr. ing. R. RĂDULET; ing. ST. ŢIGANETEA; ing. R. VLĂDOIANU.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Ministerului Industriei Construcţiilor de Maşini şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. — Redacţia şi administraţia, Bucureşti, str. Ion Ghica nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu. Telefon: 13.84.16. Revista este editată de M.I.C.M. Abonamentele se primesc la Administraţia revistei. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicaţiile tehnice MICM — cont 026002 B.R.P.R. — Filiala 30 Decembrie, Bucureşti. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual; tarif pentru muncitori-tehnicieni şi ingineri: lei 30 anul. Costul unui exemplar lei 5. Tiparul: Intreprinderea „Informaţia", str. Brezoianu nr. 23–25. Bucureşti, c. 1817.

41 400

MŰSZAKI KÖNYVTÁRES 1383

SOMMAIRE

CD 621.3.013.4 :538.542 :621.318.22

Atanasiu, Gh. : **L'effet pelliculaire dans le cas des bandes ferromagnétiques.**

Electrotehnica 12, no. 5, mai 1964, p. 161–166

On étudie l'effet pelliculaire dans le cas des barres ferromagnétiques aux dimensions comparables ou moindres que la profondeur de pénétration. Les considérations théoriques mènent à l'établissement de formules qui permettent le calcul du facteur d'augmentation de la résistance des barres. Suivent quelques résultats des expériences.

CD. 621.313.333.017.39

Popovici, Al., Tatu, Gh., Nicoară, P., Băbuția, I et *Crăciunescu, V.* : **Sur la réduction des pertes supplémentaires des moteurs asynchrones qui fonctionnent à vide.**

Electrotehnica 12, no. 5, mai 1964, p. 166–171

On expose les solutions et les résultats expérimentaux sur la réduction des pertes supplémentaires survenues durant le fonctionnement à vide des moteurs asynchrones triphasés de puissance moyenne, construits par les usines „Electromotor" de Timişoara.

CD 621.316.57.064.3

Cîrstea, D., Mathé, B., Ogrezeanu, St., Pănoiu, A. et *Tudorache, C.* : **Etude sur la capacité de commutation de l'interrupteur IUP—110, dans des conditions de laboratoire et dans le réseau (II) — Epreuves de réseau.**

Electrotehnica 12, no. 5, mai 1964, p. 172–182

Après vérification de la capacité de commutation de l'interrupteur IUP—110 dans des conditions de laboratoire [1], on a effectué une nouvelle série d'essais de cet interrupteur dans le système électro-magnétique roumain (stations des villes de Focşani et Braşov). On indique les résultats obtenus par l'emploi de deux variantes de l'interrupteur (interrupteur à chambre „élastique" et à chambre „rigide").

CD 621.313.17.048.1

Bercu, A. et *Perlea, M.* : **Tendances modernes dans la technologie de l'imprégnation des micromoteurs.**

Electrotehnica 12, no. 5, mai 1964, p. 182–189

On discute les méthodes classiques d'imprégnation des micromoteurs par immersion dans les vernis à solvants. Pour éviter les principaux désavantages de ces méthodes (rigidité acquise faible, instabilité des caractéristiques diélectriques, faible résistance à l'action climatique) on emploie de plus en plus les résines thermorigides, et surtout les résines epoxydes. A l'Institut roumain de recherches et projets électrotechniques on a vérifié une méthode d'imprégnation des micromoteurs avec des résines époxydes et l'on a obtenu des résultats favorables. L'étude diélectrique des micromoteurs imprégnés selon la nouvelle méthode a été faite par comparaison avec la méthode classique d'imprégnation.

CD 621.317.714.088,7 :621.314.224.3

Millea, A. et *Gruia, N.* : **Installation de haute précision pour l'étalonnage des transformateurs de courant.**

Electrotehnica 12, no. 5, mai 1964, p. 189–196

Les auteurs décrivent une installation qu'ils ont réalisée pour déterminer les erreurs des transformateurs-étalons de courant, installation basée sur la compensation magnétique. On donne des considérations théoriques sur les erreurs impliquées par cette installation et l'on indique les données constructives et les résultats des expériences. La précision obtenue dépasse celle des autres installations qui ont le même but et qui sont fondées sur le principe connu de la comparaison des chutes de tension provoquées par les shunts résistifs.

COMPTES RENDUS 196–197
EXTRAITS 197–198
CHRONIQUE 198–200
BRÈVES NOUVELLES 200

TITLURI DOCUMENTARE

CZ 620.19 DEFECTELE MATERIALELOR ȘI CERCETAREA LOR. INFLUENȚE CHIMICE ȘI FIZICO-CHIMICE. COROZIUNEA. EROZIUNEA

CZ 620.193.21

Buchholz, E. : **Rezistența climaterică a materialelor utilizate în electrotehnică.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ-B) 15, nr. 12, 10 iunie 1963, p. 340—344, 23 fig.

CZ 620.193.21 :621.39

Röber, E. : **Influențele condițiilor climatericе extreme asupra aparatelor de comunicație.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ-B) 15, nr. 12, 10 iunie 1963, p. 353—357, 5 fig., 1 tab., 27 ref. bibl.

CZ 620.193.21 :621.316.54.027.3

Hochrainer, A. : **Rezistența climaterică a aparatajului de înaltă tensiune.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ-B) 15, nr. 12, 10 iunie 1963, p. 344—349, 9 fig.

CZ 621.3 ELECTROTEHNICA GENERALA

CZ 621.3.015.3 + 621.3.015.51/52

Jacatlet, P. : **Asupra noilor încercări cu supratensiuni de manevră.** În : Elektrotechn. Z. (ETZ-A) 84, nr. 14, 15 iulie 1963, p. 463—466, 6 fig. 4 ref. bibl.

CZ 621.3.048.1.015.532

Böning, W. : **Relație între ținerea de aer și factorul de pierderi în cazul presiunii de izolație în conductoare la mașinile electrice.** În : Elektrotechn. Z. (ETZ-A) 84, nr. 14, 15 iulie 1963, p. 467—471, 10 fig., 9 ref. bibl.

CZ 621.312 FABRICAREA MAȘINILOR ȘI APARATAJULUI PENTRU DISTRIBUȚIA ȘI UTILIZAREA ELECTRICITAȚII. INDUSTRIA ELECTRICA

CZ 621.312

Ganz, E. : **Introducere la regulile pentru tratarea cu umezeală și apă a materialului electric, în vederea încercărilor la care trebuie supus.** În : Bull. ASE 59, nr. 8, 20 apr 1963, p. 275—279, 7 fig.

CZ 621.312 :621.3.049.7

Apps, L. R. : **Circuite prefabricate. Un exemplu de specializare mărită în industria electrotehnică.** În : Electr. Rev. 172, nr. 14, 5 apr 1963, p. 553—554, 4 fig.

CZ 621.313 MAȘINI ELECTRICE

CZ 621.313 :621—213.44

Rentzsch, H. : **Formele de execuție a mașinilor electrice pentru exploatări, cu pericol de explozie.** În : Elektr.-Wirtsch. 62, nr. 8, 20 apr 1963, p. 264—267, 6 fig.

CZ 621.313—181.4 :621.3.045 :621.197.7

Dubsky, J. : **Probleme privind tehnica impregnării micromotoarelor.** În : Elektrie 17, nr. 4, apr 1963, p. 25—28, 5 fig.

CZ 621.313.333

Ziessler, F. : **Verificarea motorului asincron trifazat.** În : Elektro-Praktiker 17, nr. 3, mai 1963, p. 103—108, 7 fig.

CZ 621.313.333.025.2.077 :621.375.3

Kovacs, K. P. : **Modelarea analogică precisă a unui servomotor asincron reglat prin elemente de comandă.** In : Elektrotechnika 56, nr. 4, apr 1963, p. 140—144, 8 fig.

CZ 621.313.333.2 :621.746.7 :681.2

Kurutz, K. : **Dispozitive pentru detectarea defectelor de turnare la rotoarele în colivie ale motoarelor de inducție.** În : Villamosság 11, nr. 4, apr 1963, p. 100—106, 12 fig., 2 ref. bibl.

CONTENTS

D.C. 621.3.013.4 :538.542 :621.318.22

Atanasiu, Gh. : **The skin effect in ferromagnetic bars.**

Electrotehnica 12, nr. 5, mai 1964, p. 161–166

The skin effect is studied for the case of ferromagnetic bars of comparable or smaller dimensions than the penetration depth. Theoretical considerations led to some formulae allowing to calculate the increased bar resistance factor. Some experimental results are also given.

D.C. 621.313.333.017.39

Popovici, Alex., Tatu, Gh., Nicoară, P., Băbuția, I. and *Crăciunescu, V.* : **Concerning the reduction of supplementary no-load losses in asynchronous motors.**

Electrotehnica 12, nr. 5, mai 1964, p. 166–171

One presents the solutions and experimental results concerning the reduction of supplementary no-load losses in medium-power three-phase asynchronous motors, manufactured at the „Electromotor" enterprise în Timishoara.

D.C. 621.316.57.064.3

Cîrstea, D., Mathé, B., Ogrezeanu, St., Pănoiu, A. and *Tudorache, C.* : **Studies regarding the switching capacity of the IUP—110 switch under laboratory and network conditions (II). — Network tests.**

Electrotehnica 12, nr. 5, mai 1964, p. 172–182

After checking the switching capacity of the IUP—110 switch under laboratory conditions [1], a new series of tests have been carried out within the framework of the energetic system of the R.P.R. (Focșani and Brașov stations). Some information is given concerning the results obtained from the tests involving the two constructive variants of the switch (with „elastic" and „rigid" chambers).

D.C. 621.313.17.048.1.

Bercu, A. and *Perlea, M. A.* : **Modern trends in the impregnation technology of micromotors.**

Electrotehnica 12, nr. 5, mai 1964, p. 182–189

The classical methods of impregnating the micromotors by immersion in solvent containing lacquers are critically discussed. It is expected to overcome the main drawbacks of these methods (poor mechanical stiffening, instability of dielectric characteristics with time, low resistance to the action of climatic environment) by using thermorigid synthetic resins mainly epoxyd ones. A new impregnation method of micromotors with epoxyd resins has been successfully tested at the I.C.P.E.

The dielectric study of micromotors impregnated according to the new method has been made comparatively with classical impregnation.

D.C. 621,317.714.088.7 :621.314.224.3.

Millea, A. and *Gruia, N.* : **High-precision installation for determining the errors of current transformers.**

Electrotehnica 12, nr. 5, mai 1964, p. 189–196

The description is given of an installation achieved by the authors for determining the errors of standard current transformers based on magnetic compensation.

Some theoretical considerations concerning the errors of the installation, constructive data and experimental results obtained are included. The precision achieved with this installation which works on the known principle of comparing the voltage drops on resistive shunts is higher than that of other installations serving the same purpose.

REVIEWS 196–197

REPORTS 197–198

CHRONICLE 198–200

BRIEF NEWS 200

CZ 621.314 TRANSFORMAREA ENERGIEI ELECTRICE. TRANSFORMATOARE. CONVERTIZOARE. REDRESOARE

CZ 621.314.21+621.314.22.08 :061.4 (43-2.27) „1963"

Frank, A. şi *Zahorko, R.* : **Electrotehnica la tîrgul industrial de la Hanovra 1963. Transformatoare de putere şi transformatoare de măsură.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ—A) 84, nr. 12, 17 iunie 1963, p. 377—382, 17 fig.

CZ 621.314.222 :621.3.016.011.4

Szeles, L. : **Influenţa sarcinii capacitive asupra funcţionării transformatoarelor.** În : Villamosság 11, nr. 4, apr 1963, p. 112—118, 9 fig., 5 ref. bibl.

CZ 621.314.6 :061.4 (43—2.27) „1963"

Korb, F. şi *Ludwig, E.* : **Electrotehnica la tîrgul industrial de la Hanovra 1963. Redresoare.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ—A) 84 , nr. 12, 17 iunie 1963, p. 382—386, 13 fig.

CZ 621.314.63 : 621.382.2

Kronberg, M. : **Fenomene dinamice în redresoarele de putere cu siliciu cu joncţiuni.** În : Elektrie 17, nr. 4, apr. 1963, p. 117—120, 13 fig., 7 ref. bibl.

CZ 621.315 TRANSMISIUNEA ENERGIEI ELECTRICE. LINII CONDUCTOARE. MATERIALE IZOLANTE

CZ 621.315.1.015.532.024

Rix, E. : **Efectul corona în curent continuu asupra conductoarelor în fascicul.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ—A) 84, nr. 14, 15 iulie 1963, p. 453—462, 10 fig., 16 ref. bibl.

CZ 621.315.2 :061.4 (43—2.27) „1963"

Otten, F. : **Electrotehnica la tîrgul industrial de la Hanovra 1963. Cabluri şi linii de transmisie a energiei.** În : Elektrotechn. Z. (ETZ—A) 84, nr. 12, 17 iunie 1963, p. 396—398, 8 fig.

CZ 621.315.332.6

Falk, M. : **GD microfil — un conductor extrem de slab.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ—B) 15, nr. 12, 10 iunie 1963, p. 425—426, 2 tab.

CZ 621.315.615.2 : 66.02

Stoll, P. : **Instalaţii combinate de tratare şi regenerare a uleiului de transformatoare.** In : Elektr. -Wirtsch. 62, nr. 7, 5 apr. 1963, p. 224—227, 5 fig., 9 ref. bibl.

CZ 621.315.62.015.33

Nasser, E. : **Comportarea izolatoarelor în cazul straturilor divers repartizate.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ—A) 84, nr. 11, 3 iunie 1963, p. 353—357, 9 fig., 2 ref. bibl.

CZ 621.316 DISTRIBUŢIA ŞI REGLAJUL ENERGIEI ELECTRICE. CUPLAJ. COMUTAŢIE. INTRERUPTOARE. DISPOZITIVE DE PROTECŢIE.

CZ 621.316.728.024 :621.313.2.077.65 :621.335.5.07

Schussler, P. şi *Eckermann, G.* : **Reglajul puterii în curent continuu prin mijlocul impulsului de curent.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ—B) 15, nr. 14, 10 iunie 1963, p. 400—403, 8 fig., 3 ref. bibl.

CZ 621.316.925 : 061 (43-2.27) „1963"

Rimmar, K. L. : **Electrotehnica la tîrgul industrial de la Hanovra 1963. Relee de protecţie şi relee auxiliare.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ—A) 84, nr. 12, 17 iunie 1963, p. 393—395, 8 fig.

CZ 621.319.4 CONDENSATOARE

CZ 621.319.4 (439) :678.643

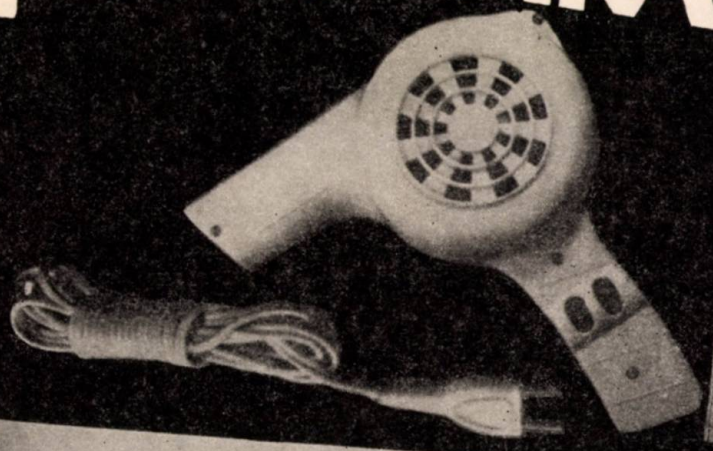
Göblös, J. ş.a. : **Condensatoare cu siguranţă de funcţionare mare fabricate de industria ungară.** In : Hiradás Techn. 14, nr. 2, apr 1963, p. 73—75, 8 fig., 1 tabl.

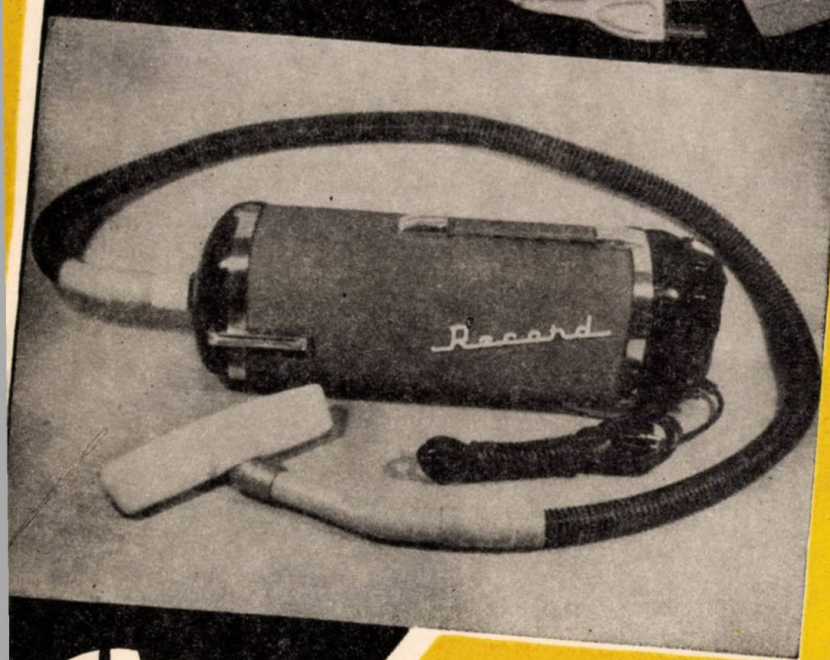
CZ 621.319.4.018.12

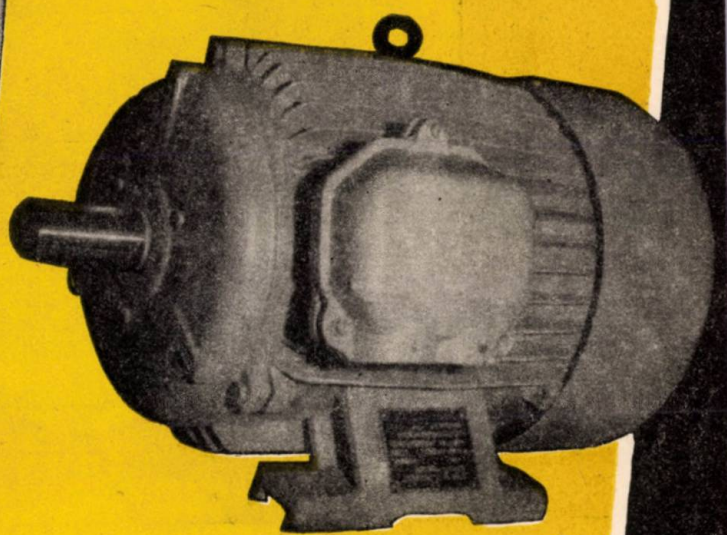
Pinkofsky, W. : **Progrese în realizarea condensatoarelor pentru frecvenţa reţelei răcite cu apă pentru instalaţii de topit şi recopt cu inducţie.** În : Elektro-Wärme 21, nr. 4, apr 1963, p. 217—220, 6 fig., 5 ref. bibl.

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS SZOLGÁLAT 1383

Întreprinderea ELECTROMOTOR TIMIȘOARA







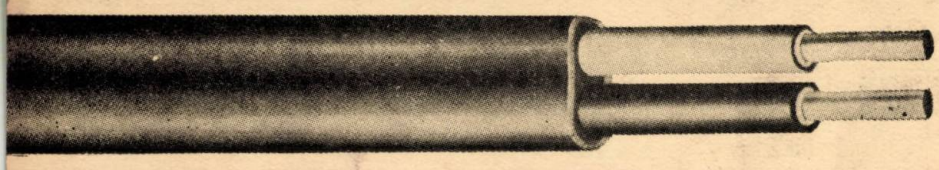
Execută:

- **motoare electrice asincrone trifazate, cu rotorul în scurtcircuit, protecție IP 44, de 4—30 kW**
- **aspiratoare de praf tip „Record"**
- **uscătoare de păr tip „Zefir"**
- **ventilatoare de masă**

MŰSZAKI KÖNYVTÁRÉS... 383

FABRICA DE CABLURI ȘI MATERIALE ELECTROIZOLANTE

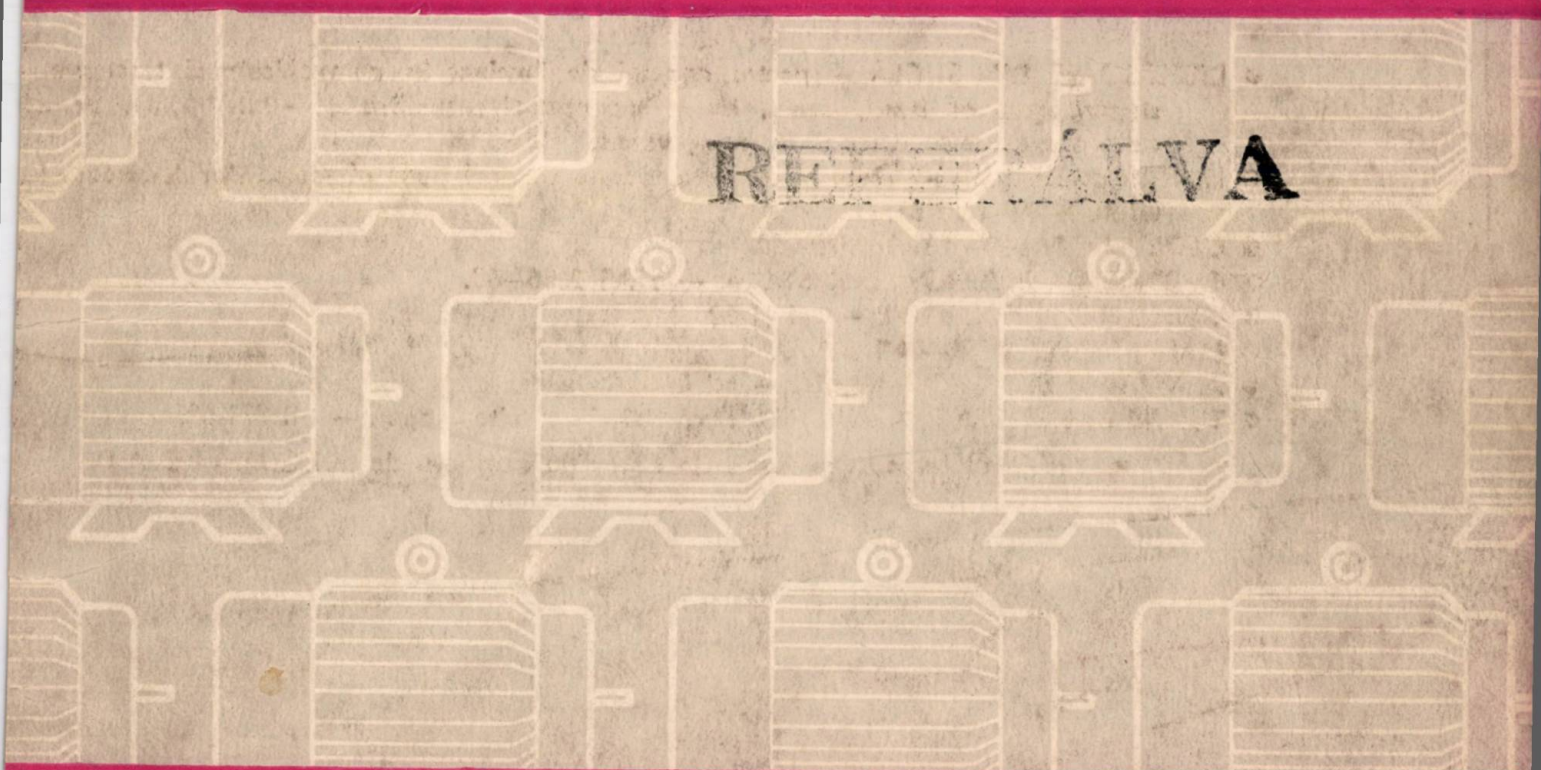
- UN BOGAT SORTIMENT DE CABLURI DE FORȚĂ, CU IZOLAȚIE DE HÎRTIE ȘI MATERIALE PLASTICE
- CONDUCTE ELECTRICE PENTRU INSTALAȚII
- CONDUCTORI DE BOBINAJ IZOLAȚI CU EMAIL, HÎRTIE, MĂTASE, FIRE DE STICLĂ
- CORDOANE ELECTRICE PENTRU UZ CAZNIC
- LACURI ȘI MATERIALE ELECTROIZOLANTE



FCME

E 2040

ELECTROTEHNICA



REFERÁLVA

Electrotehnica • București • Anul 12 • nr. 6 • P. 201 — 240 • iunie 1964

6

I.I.S Steaua Electrică FIENI

produce:

- DISPERSOARE DIN STICLĂ – pentru corpuri de iluminat la autovehicule și tractoare (stopuri, iluminat bord, scală, lămpi de control semnalizare) — NI-1056-61. Se execută clare sau colorate în: galben, roșu, verde.
- LENTILE DIN STICLĂ — clare și colorate, pentru sistemul optic al semnalelor luminoase la căile ferate — NI-1063-61.
- GLOBURI OPALE — STAS 2249—59.
- GLOBURI ȘI APĂRĂTORI DIN STICLĂ — STAS 2636—60.
- GLOBURI PENTRU LUSTRE — NI 61-62
- PLAFONIERE OPALE — NI 685-58.
- APĂRĂTORI DIN STICLĂ CLARĂ — NI 868-60.
- TUBURI DIN STICLĂ PENTRU FIRME LUMINOASE și alte scopuri — NI 871-60.

Produsele se livrează pe bază de repartiție acordată de M.I.C.M. — D.A.D.

ELECTROTEHNICA

Anul 12 nr. 6 iunie 1964

CUPRINS

CZ 621.3.016.25

Avramescu, A. : **Contribuții românești în compensarea energiei reactive și deformante.**

Electrotehnica 12, nr. 6, iunie 1964, p. 201–205

Lupta pentru reducerea circulației puterilor reactive și deformante în rețele, studiată de autori români, este tot atît de actuală ca la începutul secolului. La alegerea mijloacelor de compensare trebuie să se țină seamă de progresele tehnice realizate în ultimul timp și de economicitatea soluțiilor. Normalizarea și standardizarea echipamentului sînt condiții necesare pentru atingerea unui înalt nivel tehnic și economic.

CZ 621.372.542.2.018.7.

Bălă, C. V. : **Dimensionarea filtrelor rezonante pentru receptoarele de putere inductive și deformante.**

Electrotehnica 12, nr. 6, iunie 1964, p. 205–213

Se prezintă în general necesitatea filtrelor în rețelele sistemului energetic cu receptoare deformante ; se examinează în detaliu problema dimensionării optime a filtrelor de armonici la capacitate constantă a bateriei de condensatoare, respectiv la putere reactivă constantă. În partea ultimă a lucrării se prezintă problema determinării dimensiunilor principale optime ale bobinei de reactanță cu pierderi specifice maxim admisibile (impuse de condițiile de răcire), respectiv cu factor de calitate optim, stabilindu-se soluțiile la fiecare caz în parte.

CZ 621.318.4.012.027.5

Bercu, A. : **Schema interioară optimă de conexiuni pentru condensatoarele de forță de medie tensiune.**

Electrotehnica, 12, nr. 6, iunie 1964, p. 213–218

Se studiază schemele de conexiuni interioare ale condensatoarelor de forță, de medie tensiune, din punctul de vedere al siguranței în exploatare, prin posibilitatea protejării fiecărei secțiuni cu cîte o siguranță fuzibilă în interior. Se ajunge la concluzia schemei optime cu un grad mare de siguranță în exploatare și se prezintă construcțiile realizate în R.P.R. pentru tensiunea de 6,3 kV.

CZ 621.319.42.016.25

Checiulescu, M. : **Baterii de condensatoare cu elemente tipizate pentru compensarea energiei reactive în rețelele de joasă și medie tensiune din R.P.R.**

Electrotehnica 12, nr. 6, iunie 1964, p. 218–227

Se prezintă formele constructive ale elementelor tipizate, ale căror caracteristici principale au rezultat dintr-un studiu tehnico-economic și se dau cîteva exemple de realizare a bateriilor de condensatoare pe baza acestor elemente constructive. Pentru estimarea costului echipamentului se stabilesc o serie de indici de cost, discutîndu-se variația lor în raport cu specificul și puterea bateriei.

CZ 621.3.016.313

Rothman, A. : **Simetrizarea rețelelor electrice ca o problemă de valori proprii.**

Electrotehnica 12, nr. 6, iunie 1964, p. 227–236

Se prezintă, sintetic, diversele sisteme de simetrizare utilizate pînă în prezent și se arată modalitatea de trecere de la un sistem la altul. Se arată că aceste sisteme de simetrizare formează un grup și se dau expresiile matricelor la transformare, pentru trecerea de la sistemul trifazat la diferite sisteme de simetrizare. Se arată că problema simetrizării se reduce la o problemă de descompunere spectrală, adică la diagonalizarea matricei impedanțelor.

RECENZII 236–238

REFERATE 239–240

RECOMANDĂRI
pentru autori

1. Lucrările care pot fi prezentate spre publicare sînt : de importanţă generală, tehnico-ştiinţifice speciale, teoretice sau experimentale şi tehnice obişnuite.

2. Lucrările vor fi axate pe aducerea la îndeplinire a sarcinilor trasate de Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. — îndeosebi introducerea tehnicii noi, ridicarea calităţii produselor, reducerea preţului de cost, creşterea productivităţii muncii etc. Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învăţămînt, producţie este condiţia esenţială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuţie să se refere la probleme noi şi actuale de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde consideraţii privind eficienţa economică a soluţiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.

3. Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

4. Lucrările care au mai fost publicate integral sau parţial nu pot fi trimise redacţiei spre publicare.

5. Un scurt rezumat, fixînd premisele de la care s-a pornit problema studiată şi cadrul în care este tratată, nedepăşind 4—5 rînduri, va fi anexat lucrării.

6. In introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei şi în preocupările producţiei ; de asemenea, se arată scopul lucrării subliniindu-se contribuţia autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permiţînd inteligibilitatea fără dificultăţi a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstraţii voluminoase ; de asemenea, se va evita repetarea în text a aceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic — ilustrativ, tabele etc.

7. Concluziile vor concentra rezultatele obţinute cu indicarea limitei de valabilitate şi aplicaţiile posibile.

8. Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmaţiile luate din alte lucrări şi care nu sînt în general cunoscute.

9. Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înţelegerii raţionamentului.

10. Se recomandă o atenţie deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii şi exponenţii se vor scrie mai mici decît baza şi aşezaţi mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă, literele majuscule, minuscule sau cele ruseşti, romane, greceşti, germane etc.

11. Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cum şi figuri sau tabele), atît cele speciale cît şi cele generale. Se vor indica toate datele în transcripţii originale. Pentru cărţi : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual şi tradus, în paranteză), ediţia, editorul, locul editurii, anul. Pentru articole : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual şi tradus, în paranteză), revista, volumul, luna, numărul, anul, paginile.

12. Scrisul la maşină al articolelor este recomandat cu insistenţă, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic.

Se scrie pe o singură pagină-faţă, la două rînduri (2 000 semne de pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.

13. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicaţii.

14. Articolele se trimit cu o notă însoţitoare pe adresa redacţiei. In notă se vor indica : titlul, funcţiile, localitatea şi adresa domiciliului, numărul de telefon

15. Lucrările executate în cadrul diverselor instituţii sau organizaţii vor purta aprobarea acestora pentru publicare.

16. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări în corectură faţă de manuscris.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.3.016.25

Аврамеску, А.: **Румынские доклады о компенсации реактивной и искаженной энергии.**

Electrotehncia 12, № 6, июнь, 1864, стр. 201–205

Вопрос борьбы за снижение циркуляции реактивных и искажённых мощностей в сетях, изучаемый румынскими авторами, является таким-же актуальным, как и в начале столетия. При выборе компенсационных способов необходимо учитывать новейшие технические достижения, а также и экономичность решений. Нормализация и стандартизация оборудования являются необходимыми условиями для достижения высокого технического и экономического уровня.

ДК 621.372.542.2.016.7.

Бэлэ, К. В.: **Определение размеров резонансных фильтров для приёмников индуктивной и искажённой мощности.**

Electrotehnica 12, № 6, июнь, 1964, стр. 205–213

В работе, представлена необходимость применения фильтров в сетях энергетической системы с искажёнными приёёмниками, рассматривается подробно вопрос определения оптимальных размеров фильтров для гармоник, при постоянной ёмкости конденсаторной батареи, соответственно при реактивной постоянной мощности. В последней части работы представлен вопрос определения основных оптимальных размеров реактора с максимально допустимыми удельными потерями (вызванными условиями охлаждения), соответственно с качественным оптимальным коэффициентом, принимая решение для каждого случая в отдельности.

ДК 621.318.4.012.027.5

Берку, А.: **Оптимальная внутренняя схема соединений для силовых конденсаторов среднего напряжения.**

Electrotehnica 12, № 6, июнь, 1964, стр. 213–218

Подвергаются изучению схемы внутренних соединений силовых конденсаторов среднего напряжения, с точки зрения их безопасности в эксплуатации, путём защиты внутренней части каждого сечения плавким предохранителем. В заключение приводится оптимальная схема с высокой степенью безопасности в эксплуатации, а также осуществляемые конструкции в Р.Н.Р. для напряжения 6,3 кв.

ДК 621.319.42.016.25

Кэчулеску, М.: **Конденсаторные батареи с типизированными элементами для компенсации реактивной энергии в сетях низкого и среднего напряжения в Р.Н.Р.**

Electrotehnica 12, № 6, июнь, 1964, стр. 218–227

Приводятся конструктивные виды типизированных элементов, основные характеристики которых получены в результате технико-экономического изучения; при этом приводится ряд примеров по созданию конденсаторных батарей на основании данных конструктивных элементов. Для исчисления стоимости оборудования устанавливается ряд стоимостных показателей и обсуждается их колебание в зависимости от специфики и мощности батарей.

ДК 621.3.016.313

Ротман, А.: **Симметризация электросетей как проблема собственных величин.**

Electrotehnica 12, № 6, июнь, 1964, стр. 227–236

Представлены различные системы симметризации, применяемые до настоящего времени и указывается способ перехода от одной системы к другой. Отмечается, что эти системы симметризации составляют одну общую группу и приводятся выражения матриц для перехода от трёхфазной системы к различным системам симметризаци. Отмечается также, что проблема симметризации сводится к вопросу спектрального расщепления, т.е. к диагонализации матрицы сопротивлений.

РЕЦЕНЗИИ 236–238

РЕФЕРАТЫ 239–240

INHALTSVERZEICHNIS

Avramescu, A. : **Rumänische Beiträge zur Kompensation der Blind- und Verzerrungsleistung**

Electrotehnica 12, Nr. 6, Juni 1964, Seite 201–205

Der Kampf für die Herabsetzung der Blindleistungszirkulation in den elektrischen Netzen, für den von rumänischen Fachleuten wichtige Beiträge geleistet wurden, ist heutzutage ebenso aktuell wie am Anfang dieses Jahrhunderts. Bei der Wahl der Blindleistungskompensationsmittel sollen die in der letzten Zeit erzielte technischen Fortschritte und die Wirtschaftlichkeit der vorgeschlagenen Lösungen berücksichtigt werden.

Die Normalisierung und die Standardisierung der Kompensationsmittel sind wichtige Bedingungen für die Erreichung eines hohen technischen Niveaus.

DK 621. 372. 542.2.018.7.

Bălă, C. V. : **Die Bemessung der Siebketten für die Blindleistungsverbraucher**

Electrotehnica 13 Nr. 6 Juni 1964, Seite 205–213

Es wird im allgemeinen die Notwendigkeit der Verwendung von Siebketten in elektrischen Netzen, die Verzerrungsquellen enthalten, dargelegt, und das Problem der günstigsten Bemessung der Siebketten für konstante Kapazität der Kondensatorbatterien bzw. für konstante Blindleistung ausführlich auseinandergestezt. Zum Schlusse des Aufsatzes wird das Problem der Bestimmung der günstigsten Abmessungen der Drosselspulen mit den höchstzulässigen spezifischen Verlusten (bedingt durch die Kühlungsbedingungen) bzw. mit dem günstigsten Gütefaktor, unter der Angabe der Lösung für jeden einzelnen Fall, untersucht.

DK 621.318.4.012.027.5

Bercu, A. : **Die günstigste innere Schaltung der Leistungskondensatoren mittlerer Spannung.**

Electrotehnica 12, Nr. 6, Juni 1964 Seite, 213–218

Es werden die inneren Schaltungen der Blindleitungskondensatoren mittlerer Spannung, vom Standpunkte der Betriebsicherheit, durch die Schutzmöglichkeit jedes Kondensatorteilsatzes mittels einer inneren Schmelzsicherung untersucht. Man kommt zu dem Schluss der günstigsten Schaltung mit einem hohen Betriebssicherheitsfaktor und anschliessend werden die in R.V.R. für 6,3 kV erzielten Bauformen vorgelegt.

DK 621.319.42.016.25

Checiulescu, M. : **Mit genormten Elementen Kondensatorbatterien für die Blindleistungskompensation in Nieder— und Mittelspannungsnetzen der R.V.R.**

Electrotehnica 12, Nr. 6, Juni 1964, Seite 218–227

Es werden die Ausführungsformen der genormten Elementen, deren Hauptmerkmale aus einer technisch-wirtschaftlichen Untersuchung sich ergeben haben, vorgelegt, einige Ausführungsbeispiele auf Grund dieser Bauelementen angegeben und die Eignung derselben bezüglich der Leistung und Bauart der Batterien, besprochen.

DK 621.3.016.313

Rothman, A. : **Die Netzsymetrisierung als Eigenwertproblem**

Electrotehnica 12, Nr. 6, Juni 1964, Seite 227–236

Es werden die verschiedenen Symetriesierungssystemen die bis heute Verwendung fanden und die Uebergangmöglichkeit von einem System auf ein anderes, dargelegt. Diese Symetriesierungssysteme bilden eine Gruppe und es werden die Matrizen für den Uebergang vom Drehstromsystem auf verschiedene Symetriesierungsysteme angegeben. Das Symetriesieungsystem wird durch Diagonaliesierung der Impedanzmatrizen,auf ein spektrales Zerlegungsproblem reduziert.

BUCHBESPRECHUNGEN 233–238

REFERATE 239–240

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.

Anul 12 nr. 6 București, iunie 1964

MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1883

Contribuții românești în compensarea energiei reactive și deformante

Aurel Avramescu * — București

CZ 621.3.016.25

Împlinirea a 20 de ani de la eliberarea patriei noastre de sub jugul fascist este un bun prilej pentru a trece în revistă progresele considerabile realizate în țara noastră în construcția și aplicarea echipamentului electrotehnic destinat compensării energiei reactive și deformante. Aparent, problema factorului de putere, care datează și se dezbate de la începuturile rețelelor de curent alternativ, pare a fi complet epuizată și nu mai merită o atenție deosebită. Dacă totuși ne permitem să reluăm anumite aspecte ale acestei probleme, lucrul se datorește, pe de o parte, unei bune tradiții în elucidarea bazelor fizice ale fenomenelor reactive și deformante, pe de alta, unor realizări deosebite în proiectarea și construcția echipamentului electrotehnic de compensare, de care sistemul nostru energetic nu încetează a avea mare și urgentă nevoie [1]. De altfel, din trecerea în revistă a acestor două grupe de preocupări rezultă numaidecît modificarea esențială a orientării preocupărilor și a progresului în realizări concrete la scară industrială.

Contribuții românești la fenomenologia energiei reactive și deformante

În condițiile regimului burghez dintre cele două războaie mondiale, electricienii români de seamă au fost orientați spre studii teoretice în care instrumentul matematic a avut totdeauna un rol deosebit — datorită, în principal, școlii create de marii matematicieni români la începutul secolului.

Contribuții fundamentale la fenomenologia, definirea și calculul puterii reactive și deformante au fost aduse de către acad. C. Budeanu începînd din acea perioadă [2] și pînă acum cîțiva ani. Definițiile acceptate în anul 1930 de către C.E.I. și răspîndirea pe plan internațional a puterii reactive și a factorului de putere au fost formulate de către acad. C.Budeanu, ca și definiția dată mai tîrziu puterii deformante [3]. În aceeași sesiune, C.E.I. a mai acceptat, la propunerea delegației române, introducerea unei unități a puterii reactive, cu denumirea VAr (de la volt-amper-reactiv).

Noțiunea factorului de putere a fost extinsă de către C.E.I. tot atunci, la regimul armonic dezechilibrat prin expresia :

$$K = P(P^2 + Q^2)^{-\frac{1}{2}} \qquad (1)$$

Introducerea generală a noțiunii puterii reactive în locul celei a factorului care este valabil în condiții mult mai restrînse se datorește în mare parte străduințelor acad. Budeanu [4].

Citez un text inedit, redactat de dînsul în 1951, care ilustrează concepția sa :

„Problema factorului de putere are ca substrat fizic prezența puterii reactive în acele instalații. Toate prejudiciile cauzate de un slab factor de putere sînt datorite puterii reactive absorbite de consumatori de la rețea, cum și, mai ales, circulației acestei puteri reactive de-a lungul instalațiilor de transport și distribuție. Față de această situație fizică, rezultă că măsurile de compensare au ca obiect, pe de o parte, *reducerea puterii reactive consumate*, iar pe de altă parte *reducerea distanței de transport și a valorii puterii reactive transportate*".

Acad. Budeanu a analizat detaliat prejudiciile ce rezultă din circulația puterilor reactive, în speță reducerea puterii active transmisibile, sporirea căderilor de tensiune, pierderile suplimentare provocate de transportul puterii reactive și urmările defavorabile ce rezultă pentru funcționarea rețelelor [5].

Studii și mai aprofundate au fost orientate spre definirea și analiza influențelor puterii

* Acad. dr. ing. *A. Avramescu* este directorul general al Centrului de documentare științifică al Academiei R.P.R.

deformante D [6]. Factorul de putere în regim nesinusoidal s-a definit în mod similar cu (1):

$$K = P(P^2 + S^2 + D^2)^{-\frac{1}{2}} \qquad (2)$$

Pentru studiul fenomenelor reactive și deformante CIGRÉ a înființat un comitet special care a fost condus de acad. C. Budeanu.

Un alt cercetător romîn de seamă, prof. Pl. Andronescu, a arătat că puterea deformantă se poate reprezenta printr-un vector perpendicular pe planul vectorilor puterii active și reactive, vectorul rezultant fiind valoarea puterii aparente [7].

Prof. I. S. Antoniu a studiat în disertația sa de doctorat influența regimului deformant asupra preciziei aparatelor de măsură [8].

La aceste contribuții importante voi adăuga unele reprezentări și aspecte inedite elaborate de autor în colaborare cu acad. Budeanu în anii 1950 — 1951.

Cîștigul de putere aparentă, care devine disponibilă pentru alte întrebuințări la aplicarea unor măsuri de îmbunătățire a factorului de putere la o putere activă constantă este:

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{S - S'}{S} = 1 - \frac{P/\cos\varphi'}{P/\cos\varphi} = 1 - \frac{\cos\varphi'}{\cos\varphi}. \qquad (3)$$

Fenomenul se poate urmări și mai ușor în diagrama vectorială (fig. 1). La o putere aparentă înainte de aplicarea măsurilor de îmbunătățire de valoare S, cu $\operatorname{tg}\varphi = Q/P = 1$, îmbunătățirea înseamnă a reduce puterea reactivă Q la valoarea $Q_1 = Q - Q_2$ prin economisirea sau producerea puterii reactive Q_2. Cîștigul de putere aparentă rezultă din diferența dintre mărimea absolută a vectorului S și S_2 ceea ce în diagramă se obține prin desenarea unui cerc cu raza S în jurul originii și evaluarea diferenței pe prelungirea vectorului S'. Din diagramă rezultă imediat și noul factor de putere:

$$\cos\varphi' = \frac{P}{S'} = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2\varphi}} = \frac{1}{\sqrt{1 + (\operatorname{tg}\varphi - Q_2/\rho)^2}}. \qquad (4)$$

În formula de mai sus s-a făcut uz de relația:

$$Q_2 = P(\operatorname{tg}\varphi - \operatorname{tg}\varphi'), \qquad (5)$$

care se poate verifica grafic în figura 1.

Exprimînd cîștigul de putere aparentă ΔS în raport cu puterea reactivă compensată Q_2 rezultă:

$$\frac{\Delta S}{Q_2} = \frac{S - S'}{Q_2} = \frac{P/\cos\varphi - P/\cos\varphi'}{P/\operatorname{tg}\varphi - \operatorname{tg}\varphi')} =$$

$$= \frac{\cos\varphi' - \cos\varphi}{\cos\varphi'\sin\varphi - \cos\varphi\sin\varphi'}. \qquad (6)$$

Acest cîștig este deci cu atît mai mare cu cît a fost mai redus factorul de putere $\cos\varphi$ înainte de compensare. El nu depinde de tensiunea rețelei înainte și după compensare. Prin ce mijloace se reduce puterea reactivă este, de asemenea, indiferent pentru acest calcul; el se poate aplica în toate cazurile îmbunătățirii factorului de putere.

Cîștigul de putere activă nu se poate deduce atît de simplu, deoarece trebuie să se precizeze

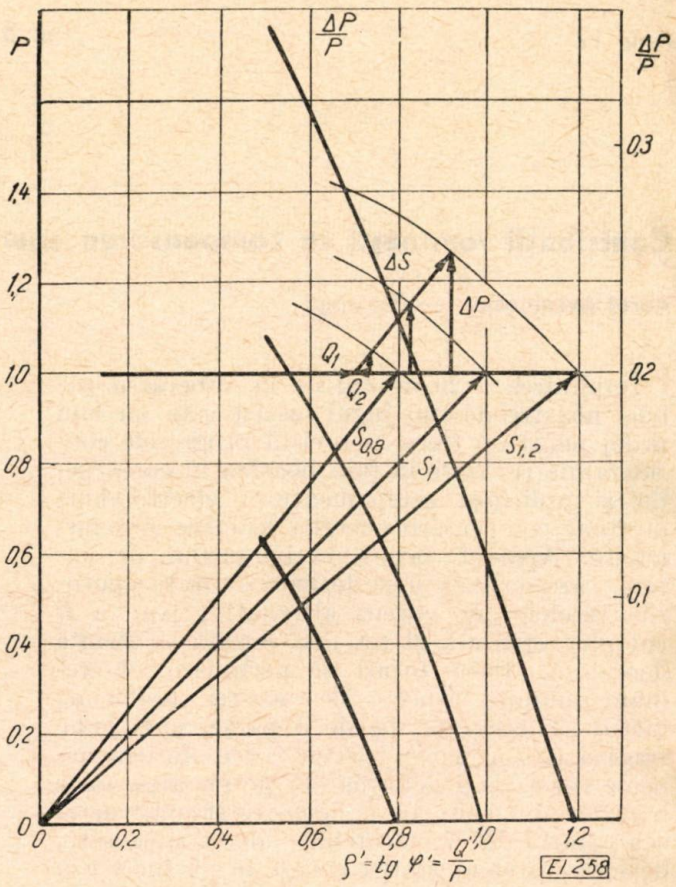


Fig. 1. Cîștig de putere reală disponibilă prin compensarea parțială a energiei reactive.

factorul de putere a noului consumator, care se racordează în limita puterii aparente disponibile. În loc de a se face calcule analitice complicate, este mai ușor să se obțină rezultatul pe cale grafică, așa cum se arată în figura 1. În cazul reprezentat s-a presupus că noii consumatori au $\cos\varphi = 0{,}78$. Deci, din vîrful vectorului Q_2 se duce o dreaptă cu înclinație $\operatorname{tg}\varphi = 0{,}8$ pînă la intersecția cu cercul tras cu S în origine și ordonata punctului de intersecție este noua putere activă. Diferența puterilor active înainte și după compensare (ΔP) se poate raporta la puterea activă înainte de compensare și se poate exprima în procente. În figura 1 s-au trasat curbe reprezentînd acest cîștig relativ de putere activă în funcție de factorul reactiv $\rho = \operatorname{tg}\varphi = Q/P$.

Pierderile în rețele se pot defalca în pierderi datorite transmiterii puterii active și reactive [4] astfel:

$$p = 3RI^2 = \frac{R}{U^2}P^2 + \frac{R}{U_2}Q^2 = \frac{RP^2}{U^2}(1 + \rho^2) = p_1\lambda,$$

unde $\rho = Q/P$ este factorul reactiv, iar $\lambda = 1 + 0$, factorul de creștere a pierderilor, reprezentat în figura 2. Dacă printr-un mijloc oarecare într-un punct oarecare al rețelei se compensează o parte din puterea reactivă Q, astfel încît noul factor reactiv să devină $\rho' < \rho$, și factorul $\lambda' < \lambda$, atunci reducerea relativă a pierderilor este evident egală cu

$$\frac{\Delta p}{p} = \frac{\rho^2 - \rho^{12}}{1 + \rho^2} = \frac{\lambda - \lambda'}{\lambda} = \frac{\operatorname{tg}^2 \varphi - \operatorname{tg}^2 \varphi'}{1 + \operatorname{tg}^2}. \quad (8)$$

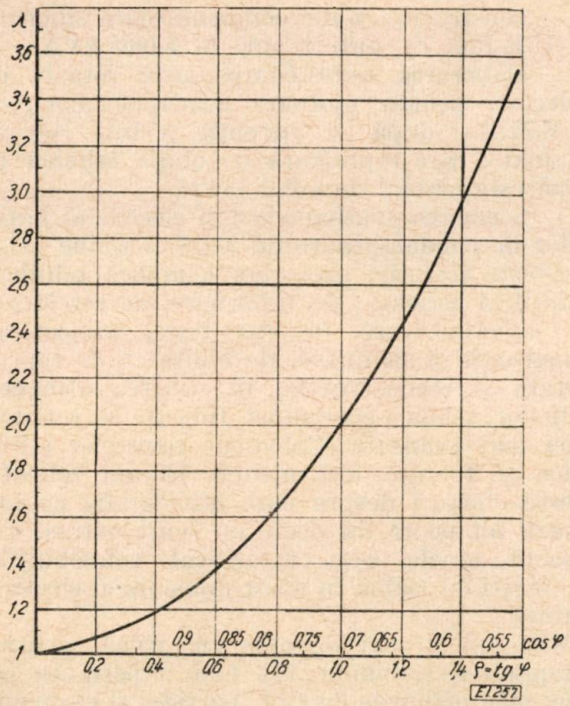


Fig. 2. Influența puterii reactive asupra pierderilor în rețea. Factorul pierderilor în funcție de factorul reactiv.

Aceste relații sînt de mare importanță pentru aprecierea reducerii pierderilor de energie, deci pentru calculul economiei anuale care rezultă din reducerea pierderilor, prin compensarea de putere reactivă. La rețele întinse și puteri mari, cîștigurile economice ce pot rezulta sînt foarte mari.

Cu aceeași ocazie am elaborat cele două nomograme reprezentate în figurile 3 și 4, care ușurează calculul mărimilor și parametrilor legați de compensarea energiei reactive. Astfel, din figura 4 se poate obține ușor, prin suprapunerea unui echer transparent, care este noul factor de putere la aplicarea unui mijloc de compensare care dă o putere reactivă dată.

Dar nu numai relațiile privitoare la energia reactivă au fost dezvoltate mai larg, ci și cele

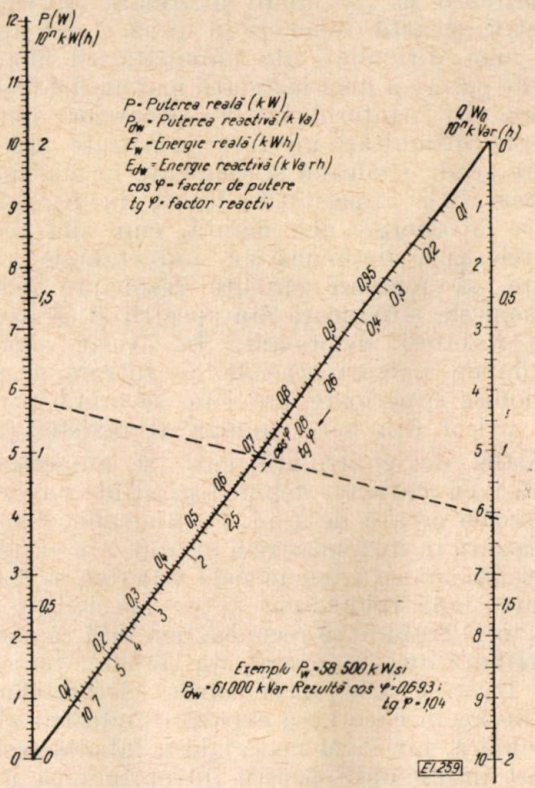


Fig. 3. Nomogramă pentru calculul puterii reactive necesare pentru îmbunătățirea factorului de putere.

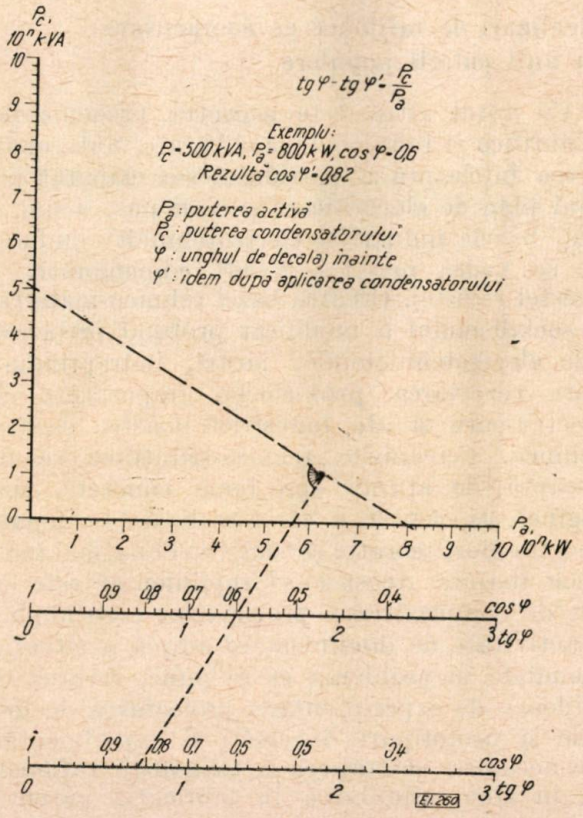


Fig. 4. Dimensionarea bateriilor de condensatoare, pentru îmbunătățirea factorului de putere.

referitoare la „reziduul deformant" D. Ocazia pentru această repunere în scenă a dat apariția unor dificultăți ale îmbunătățirii factorului de putere a unor instalații mai mari de redresoare, cu ajutorul condensatoarelor statice. Aceste dificultăți au fost prevăzute clar de către acad. Budeanu și analizate în mai multe lucrări [9]. Capacitățile legate în paralel la surse de energie deformantă, cum sînt redresoarele, pot, împreună cu inductanțele existente, să formeze circuite rezonante pentru armonicele superioare din spectru și să amplifice reziduul deformant. În aceste condiții se impun măsuri speciale de filtrare a unor armonice superioare, așa cum se arată într-un alt articol din acest număr al revistei [10].

Astfel de contribuții, cum și numeroasele lucrări cu caracter tehnico-științific publicate de școala creată de acad. C. Budeanu, demonstrează că în țara noastră a existat o preocupare deosebită pentru fenomenele reactive și deformante, fapt recunoscut și de specialiștii din alte țări. Trebuie să recunoaștem însă că aceste contribuții au, în general, un caracter teoretic. Ele izvorăsc din începuturile electrotehnicii romînești, în care nu a existat o industrie electrotehnică, iar baza materială a laboratoarelor a fost insuficientă pentru întreprinderea unor lucrări de cercetare experimentale care să depășească domeniul aparatelor de măsură și al elementelor primare.

Realizări de mijloace de compensare în anii puterii populare

Cu totul altul este aspectul preocupărilor științifice și tehnice după eliberare. Sub conducerea înțeleaptă a partidului s-a elaborat primul plan de electrificare și s-au pus, acum 15 ani, bazele industriei electrotehnicii romînești (a se vedea nr. 1 — 2/1964 comemorativ al acestei reviste). Crearea bazei tehnico-materiale a socialismului a modificat profund preocupările electrotehnicienilor noștri, îndreptîndu-le spre rezolvarea problemelor importante ale electrificării și ale industriei noastre electrotehnice. Cercetările tehnico-științifice se îndreaptă, de atunci, spre teme concrete, mai inginerești, pentru a căror realizare se depune însă un efort teoretic și heuristic chiar mai mare decît înainte. Acest efort suplimentar este cerut de complexitatea problemelor care implică o activitate de documentare amplă a situației mondiale în problema ce se pune, crearea de mijloace de experimentare, proiectarea de modele și prototipuri, încercări și experimentări ale acestora, elaborarea de tehnologii raționale și, în fine, asimilarea în fabricația curentă.

Limitîndu-ne la crearea și construcția echipamentului pentru reducerea și compensarea energiei reactive, enumerăm cele mai importante realizări în anii puterii populare:

— elaborarea și punerea în fabricație a noii serii unitare de motoare asincrone cu parametri ridicați și o scară de puteri adecvată, pentru încărcarea corespunzătoare a lor, ceea ce ridică factorul de putere mediu în rețele [11];

— introducerea tolei texturate la transformatoare, care reduce curenții de magnetizare și deci circulația energiei reactive [12];

— crearea și îmbunătățirea seriei unitare de condensatoare de putere, cu parametri ridicați [13] la F.C.M.C;

— construcția unor compensatoare sincrone la U.E.P.C. cu puteri pînă la 5 000 kVA;

— elaborarea unui compensator rotativ cu colector, pentru motoare asincrone mari, la U.E.M.B., după o invenție a tov. ing. S. Stamate, care reprezintă o soluție tehnică ce depășește nivelul mondial [14];

— normarea echipamentului electric al bateriilor de condensatoare de joasă tensiune [15].

Aceste realizări presupun o muncă tehnico-științifică serioasă, de informare, de cercetare, de experimentare, de inventare, proiectare, construcție și asimilare, de multe ori de reproiectare și reconstrucție, în vederea atingerii indicilor tehnico-economici ridicați ai tehnicii celei mai avansate. Coloanele revistelor științifice și tehnice din ultimii 15 ani reflectă aceste eforturi despre care bibliografia ce urmează nu poate da decît un scurt extras. Cu această ocazie s-au valorificat contribuțiile romînești de seamă în acest domeniu al electrotehnicii.

Muncind și mai departe cu rîvnă pentru îndeplinirea sarcinilor tot mai importante pe care, prin planurile de stat, partidul și guvernul ni le pune în față, vom putea să contribuim activ la desăvîrșirea socialismului la noi în țară.

Bibliografie

[1] *Petrescu, Gh.* Factorul de putere în rețelele electrice. București Ed. tehnică, 1957.

[2] *Budeanu, C.* Puteri reactive și fictive. București, Ed. I.R.E. 1927.

[3] *Budeanu, C.* Kapazitäten und Induktivitäten als verzerrende Element. In: Arch. Elektrotechn. **32**, nr. 3, 1938, p. 251—254.

[4] *Budeanu, C.* Aspectul general fizic al fenomenelor reactive electrice și electromagnetice. In: Stud. cerc. energ. **4**, nr. 1, 1954, p. 7—37.

[5] *Budeanu, C.* Aspecte tehnice ale fenomenelor reactive și deformante. In: Electricitatea **2**, nr. 2, 1951, p. 13—19.

[6] *Budeanu, C.* Metode de calcul în regim de curenți nesinusoidali. In: Stud. cerc. energ. **5**, nr. 3—4, 1955, p. 531—545.

[7] *Andronescu, Pl.* Graphische Darstellung der Wirk-Blind-Verzerrung-und Scheinleistung sowie ein Beitrag zum Problem der Wechselströme beliebiger Kurvenform. In: Arch. Elektrotechn. **31**, nr. 7,1937, p. 833—836.

[8] *Antoniu, I. S.* Comportarea aparatelor de măsură în regim deformant. Diss. IP—Bucureşti, 1948.

[9] *Budeanu, C.* Asupra funcţionării supapelor electronice. In : Stud. cerc. energ. **6**, nr. 1—2, 1956, p. 115—124.

[10] *Bălă, C.* Dimensionarea filtrelor rezonante pentru receptoarele de putere inductive şi deformante. In Electrotehnica **12**, nr. 6, 1964, p. 205—213.

[11] *Berberian, A.* Probleme de proiectare la elaborarea noii serii unitare de motoare electrice asincrone. In : Electrotehnica, **9**, nr. 7, 1961, p. 228—236.

[12] *Ciulin, I.* ş.a. Elaborarea tehnologiei tipizate la seria unitară de transformatoare 100—1 600 kVA cu tablă laminată la rece. In : Com. tehn. „Electroputere" Craiova, dec 1963, p. 43—47.

[13] *Bercu, A.* Seria unitară de condensatoare de forţă de joasă şi medie tensiune. In : Electrotehnica **10**, nr. 10, 1962, p. 383—390.

[14] *Stamate, S.* şi *Catrina, M.* O nouă serie de compensatoare cu colector. In : Com. tehn. „Electroputere" Craiova, 1963, p. 12—18.

[15] *Checiulescu, M.* Baterii de condensatoare cu elemente tipizate pentru compensarea energiei reactive în reţelele de joasă şi medie tensiune din R.P.R. In : Electrotehnica **12**, nr. 6, 1964, p. 218—227.

[16] *Lehmhaus, F.* Établissement du plan et exploitation des grandes batteries de condensateurs. CIGRÉ, 1958, Rrap. no. 140.

[17] *Arie, E.* Considerarea investiţiilor în centrale în calculul eficacităţii compensării puterii reactive. In : Energetica **8**, nr. 11, 1963, p. 453—458.

Intrat în redacţie la 10.VI.1964

Dimensionarea filtrelor rezonante pentru receptoarele de putere inductive şi deformante

C. V. Bălă * — Bucureşti

CZ 621.372.542.2.018.7

1. Necesitatea filtrelor rezonante

O parte din receptoarele conectate la sistemul electroenergetic o formează clasa receptoarelor deformante, care datorită parametrilor lor variabili, sînt parcurse de curenţi nesinusoidali. Din această clasă fac parte instalaţiile de redresare destinate producerii curentului continuu pentru acţionările electrice, tracţiunea electrică şi pentru procesele tehnologice din industria chimică — cuptoarele şi proiectoarele electrice cu arc, — transformatoarele de sudură, lămpile electrice cu descărcări etc. Puterea pe unitatea de instalaţie a unora dintre aparatele deformante este într-o continuă creştere, în prezent fiind cuprinsă între 1 MW şi 50 MW.

Caracteristic pentru receptoarele deformante comandate, de sudură, care alimentează arcul electric, este variaţia în limite largi a valorii efective şi a formei curbei curentului [1]; totodată aceste receptoare funcţionează în regim inductiv luînd de la reţea o putere reactivă considerabilă. Armonicele din curba curentului care parcurg aparatele deformante produc în sistemul energetic efecte nedorite, cum sînt, de exemplu următoarele : pierderi majorate în reţele (datorită puterii aparente majorate), pierderi suplimentare şi cupluri parazite în maşinile electrice [2], erori la aparatele de măsurare [3], protecţie şi control, perturbaţii în reţelele de telecomunicaţii şi telemăsură, supratensiuni de rezonanţă în anumite circuite rezonante care se formează incidental în sistem. În sfîrşit, compensarea puterii reactive prin baterii de condensatoare — fără o analiză detaliată a posibilităţilor de formare a circuitelor rezonante nedorite pe diferite armonici — poate duce la amplificarea armonicilor de curent şi, prin urmare, la majorarea acestora.

În reţelele electrice, caracterizate printr-o reacţie neglijabilă a regimului deformant, provocat de instalaţia de redresare, curba tensiunii este sinusoidală, iar amplitudinea armonicilor din curba curentului depinde, practic, numai de schema de conexiuni şi de regimul de sarcină al redresorului. Prin urmare, redresorul se poate reprezenta în circuitul electric echivalent pentru diferite armonici, printr-o sursă de curent constant, de impedanţă internă neglijabilă.

Această reprezentare se extrapolează şi pentru cazul limită cînd se produce rezonanţa de curent pentru o anumită armonică, deoarece se obţin valori acoperitoare pentru curenţi.

În figurile 1 şi 2 sînt reprezentate două scheme tipice de reţele electrice în care sînt conectate

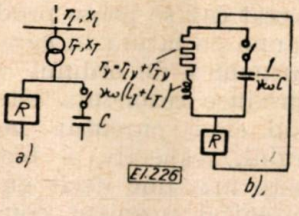


Fig. 1 a. Schema electrică a unui redresor R conectat în paralel cu o baterie de condensatoare C (r_l şi x_l sînt parametrii liniei, iar r_T şi x_T, parametrii transformatorului).

Fig. 1 b. Schema echivalentă pentru armonica ν.

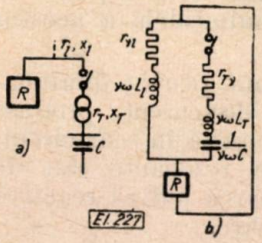


Fig. 2 a. Schema electrică a unui redresor R conectat în paralel cu o baterie de condensatoare prin intermediul unui transformator.

Fig. 2 b. Schema echivalentă pentru armonica ν.

* Candidat în ştiinţe tehnice *C. V. Bălă* este şef de laborator la Institutul de energetică al Academiei R.P.R. şi conferenţiar la Institutul politehnic — Bucureşti.

redresoare și baterii de condensatoare pentru compensarea puterii reactive.

a. *Circuite cu rezonanță de curent.* În instalația a cărei schemă electrică este reprezentată în figura 1 a, bateria de condensatoare este conectată direct la barele de alimentare a redresorului; schema electrică corespunzătoare armonicii ν este reprezentată în figura 1 b, în care mărimile notate cu indicii ν se referă la parametrii circuitului la frecvența acestei armonici. După cum se constată din această schemă, atunci cînd frecvența uneia dintre armonici coincide cu frecvența de rezonanță a circuitului derivație apare o rezonanță de curent. Datorită valorii mari a curentului, de frecvență egală cu frecvența de rezonanță, excitat în acest circuit, se produc supratensiuni și pierderi suplimentare.

Pentru a evita o rezonanță derivație pe vreuna dintre armonicile de ordin mai mic decît ν, este necesar ca puterea de scurtcircuit a sistemului $S_{sc} = \frac{U^2}{X_1}$ și puterea reactivă a bateriei $Q_C = U^2 \omega C$ să îndeplinească relația:

$$Q_C \ll \frac{1}{\nu^2} S_{sc} \qquad (1)$$

în care de obicei armonicile de ordin mai mare decît $\nu = 15$ sînt neglijabile și rezultă $Q_C \ll \ll 0{,}005\ S_{sc}$. Nu totdeauna este îndeplinită această condiție și pentru a evita posibilitatea apariției unei rezonanțe derivație se conectează în circuit bobine de reactanță suplimentare [4].

b. *Circuite cu rezonanță de tensiune.* În instalația a cărei schemă electrică este reprezentată în figura 2, bateria de condensatoare este conectată la barele redresorului prin intermediul unui transformator sau în serie cu o bobină de reactanță. Este cazul bateriilor de joasă tensiune conectate pentru compensarea puterii reactive printr-un transformator, sau cazul utilizării unei bobine de reactanță pentru limitarea curentului la conectarea bateriei la rețea. După cum se constată din schemă, în acest caz se poate produce o rezonanță de tensiune pe latura în care este conectată bateria; armonica de ordinul ν pe frecvența căreia se produce rezonanța este scurtcircuitată. În cazul cînd curentul nominal al transformatorului, respectiv al bateriei de condensatoare, este mai mic decît curentul care circulă prin circuitul rezonant constituit, atunci poate să apară o supraîncărcare inadmisibilă a acestor elemente.

O metodă aplicată curent pentru diminuarea efectelor armonicilor de curent, produse de aparatele deformante, constă în scurtcircuitarea lor locală prin filtre rezonante sau de bandă, o dată cu compensarea puterii reactive prin baterii de condensatoare.

Filtrele rezonante sînt formate din bobine de reactanță conectate în serie cu condensatoare, care, în general, compun însăși bateria de condensatoare destinată compensării puterii reactive a receptorului [5].

Dimensionarea optimă a filtrelor rezonante constituie o problemă tehnică și economică importantă.

În acest articol sînt examinate criteriile care stau la baza stabilirii parametrilor filtrelor rezonante, cum și cîteva probleme speciale privind dimensionarea bobinelor de reactanță ca element component al acestor filtre; în cele ce urmează, toate mărimile electrice se vor considera pe fază, fără vreo altă mențiune.

2. Caracteristicile și parametrii filtrului rezonant

Modulul impedanței pe fază a unui filtru trifazat este:

$$Z_\nu = \sqrt{R_\nu^2 + \nu^2 \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \qquad (2)$$

în care R_ν, L și C sînt rezistența, inductivitatea și capacitatea circuitului (fig. 3), iar ν ordinul armonicii. În figura 4 este reprezentată caracteristica de frecvență raportată la reactanța capacitivă a circuitului, în ipoteza unei rezistențe R_ν neglijabile. Caracteristica impedanței funcție de frecvență este mai ascuțită sau mai aplatisată, după cum este mai mică sau mai mare capacitatea circuitului filtrului.

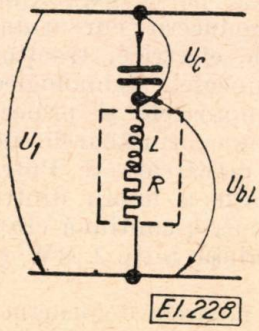


Fig. 3. Schema echivalentă pe fază a unui filtru de armonici.

Din expresia (2) rezultă că circuitul este capacitiv pînă la frecvența de rezonanță și inductiv la frecvențe mai mari decît frecvența de rezonanță.

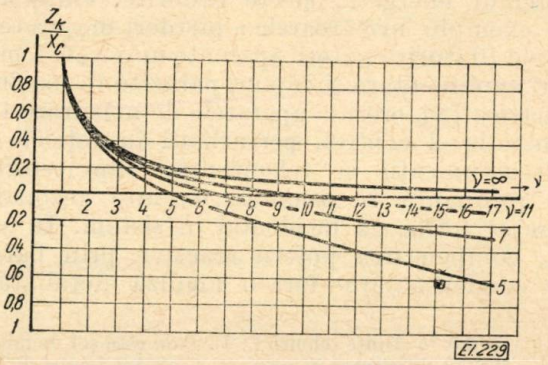


Fig. 4. Impedanța raportată în funcție de frecvență.

La rezonanță pe armonica ν, inductivitatea are valoarea :

$$L = \frac{1}{\nu^2 \omega C}, \tag{3}$$

Valoarea efectivă a fundamentalei curentului prin circuit este :

$$I_1 = \frac{U_1 \omega C}{1 - \omega^2 LC} = U_1 \omega C \frac{\nu^2}{\nu^2 - 1}, \tag{4}$$

iar a curentului total

$$I_{t\nu} = \sqrt{I_1^2 + I_\nu^2}, \tag{5}$$

unde I_ν este valoarea efectivă a armonicii de rezonanță.

Tensiunea la bornele condensatorului are valoarea efectivă :

$$U_{C\nu} = \sqrt{\left(U_1 \frac{\nu^2}{\nu^2 - 1}\right)^2 + \left(\frac{I_\nu}{\nu \omega C}\right)^2}, \tag{6}$$

iar puterea reactivă debitată pe fundamentală (pe fază) este :

$$Q_\nu = \frac{U_1^2 \omega C}{1 - \omega^2 LC} = U_1^2 \omega C \frac{\nu^2}{\nu^2 - 1}. \tag{7}$$

Tensiunea la bornele condensatorului crește de la U_1 la $U_{C\nu}$ în raportul :

$$\frac{U_{C\nu}}{U_1} = \sqrt{\left(\frac{\nu^2}{\nu^2 - 1}\right)^2 + \left(\frac{I_\nu}{U_1 \nu \omega C}\right)^2} \tag{8}$$

pentru $I_\nu \ll \frac{U_1 \omega C \nu^3}{\nu^2 - 1}$ rezultă :

$$\frac{U_{C\nu}}{U_1} = \frac{\nu^2}{\nu^2 - 1} \tag{9}$$

și tensiunea la bornele condensatorului depinde de tensiunea de alimentare și de ordinul armonicii (fig. 5). În funcție de construcția condensatoarelor, tensiunea maximă admisibilă în regim de durată poate atinge valori de $1{,}05 \div 1{,}1\ U_n$, în care U_n este tensiunea nominală. Pentru instalațiile la 6 kV se utilizează, de exemplu, condensatoare cu tensiunea nominală 1730 V; bateria de condensatoare se conectează în stea cîte două în serie pe fiecare latură (fig. 6 a) sau în triunghi cîte patru în serie pe fiecare latură (fig. 6 b). În primul caz, tensiunea nominală a bateriei este de 6 kV, iar în al doilea caz, 6,9 kV; în ultimul caz cresc posibilitățile de a conecta în serie pe fiecare fază bobine de reactanță pentru a realiza filtre rezonante.

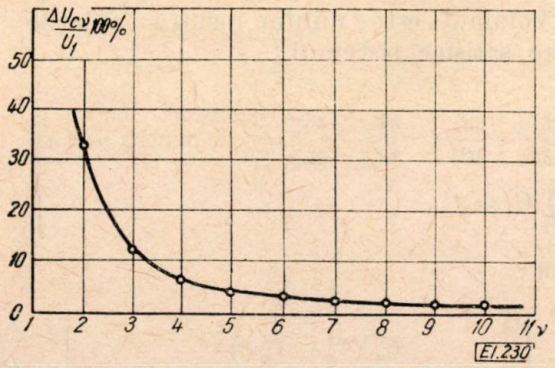


Fig. 5. Creșterea procentuală a tensiunii la bornele condensatorului $\frac{\Delta U_{C\nu}}{U_1} 100 = \frac{U_{C\nu} - U_1}{U_1} 100$, în funcție de ordinul armonicii.

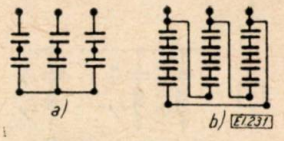


Fig. 6. Scheme de conexiuni ale bateriilor de condensatoare din elemente de 1,73 kV pentru tensiunea de linie 6 kV: *a* – stea; *b* – triunghi.

Dacă tensiunea $U_{C\nu} = 1{,}05\ U_n$, respectiv $U_{C\nu} = 1{,}1\ U_n$, atunci din relația (9) rezultă că se pot realiza filtre pentru armonici care satisfac relația $\nu > 5$, respectiv $\nu > 4$.

Din relația (7) rezultă că puterea reactivă debitată de circuitul rezonant :

$$Q_{C\nu} = U_1\, U_{C\nu} \omega C \tag{10}$$

crește proporțional cu tensiunea la bornele condensatorului.

Puterea aparentă a bobinei de reactanță de inductanță L și parcursă de curentul $i = I_1 \sqrt{2} \sin(\omega t - \varphi_1) + I_\nu \sqrt{2} \sin(\omega t - \varphi\nu)$ este :

$$S_\nu = U_{bL} I = \omega L \sqrt{I_1^2 + (\nu I_\nu)^2}\ \sqrt{I_1^2 + I_\nu^2}. \tag{11}$$

Cu relațiile (3) și (4), expresia puterii aparente se poate scrie astfel :

$$S_\nu = \frac{1}{\nu^2 \omega C} \left(U_1 \omega \frac{\nu^2}{\nu^2 - 1}\right)^2 \sqrt{C_\nu^2 + \Gamma_\nu^2 \nu^2}\ \sqrt{C_\nu^2 + \Gamma_\nu^2} \tag{12}$$

în care :

$$\Gamma_\nu = \frac{I_\nu}{U_1 \omega} \frac{\nu^2 - 1}{\nu^2}$$

este constantă pentru U_1, I_ν și ν constante.

Aceste concluzii corespund cazului în care filtrul este parcurs numai de fundamentala curentului și de armonica pentru frecvența căruia este dimensionat. În mod obișnuit, într-o rețea se prevăd filtre a căror caracteristică este ascuțită pentru principalele armonici; celelalte armonici sînt scurtcircuitate printr-un filtru de bandă a cărui caracteristică este aplatisată [6].

Parametrii filtrului (inductivitatea și capacitatea) se determină din condiția dată de minimul prețului de cost. Capacitatea bateriei de condensatoare este determinată de puterea reactivă a bateriei și de tensiunea de alimen-

tare; capacitatea circuitului unui filtru poate fi oarecare între anumite limite. Inductivitatea bobinei de reactanță se determină din condiția ca prețul de cost al bobinei să fie minim, respectiv puterea aparentă a bobinei de reactanță să fie minimă. În cazul realizării mai multor filtre (fig. 7) este necesar ca volumul materialelor active ale tuturor bobinelor de reactanță să fie minim, capacitatea bateriei de condensatoare fiind dată.

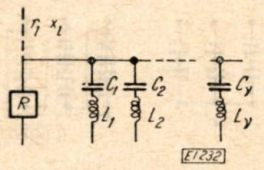


Fig. 7. Schema electrică a bateriei de condensatoare echipate cu filtre pentru armonici.

a. *Optimul economic absolut al bobinei de reactanță și repartiția condensatoarelor pe filtre.* Puterea aparentă S_ν relația (12) a bobinei de reactanță este minimă pentru capacitatea condensatorului:

$$C_\nu = \Gamma\sqrt{\nu}, \text{ sau } C_\nu = \frac{I_\nu}{\omega U_1}\,\frac{\nu^2-1}{\nu^2}\sqrt{\nu}. \quad (13)$$

Înlocuind pe C_ν din relația (13) în relația (12), rezultă puterea aparentă minimă a bobinei de reactanță:

$$S_{\nu\,minim} = U_1 I_1 \frac{1}{\nu-1}. \quad (14)$$

Valoarea efectivă a fundamentalei curentului prin filtrul rezonant, corespunzătoare minimului este:

$$I_1 = I_\nu \frac{\nu^2-1}{\nu}\sqrt{\nu}; \quad (15)$$

din aceasta rezultă raportul dintre curentul total și fundamentala curentului:

$$\frac{\sqrt{I_1^2+I_\nu^2}}{I_1} = \frac{\sqrt{(\nu^2-1)^2+\nu^3}}{\nu^2-1} \quad (16)$$

de care depinde încălzirea condensatorului și a bobinei.

În tabela 1 sînt prezentate aceste rapoarte în funcție de ordinul armonicii.

Tabela 1

ν	2	3	4	5	6	7	8	9
$\frac{I_\nu}{I_1}$	0,94	0,65	0,535	0,467	0,386	0,304	0,28	0,26
$\frac{\sqrt{I_1^2+I_\nu^2}}{I_1}$	1,37	1,28	1,13	1,10	1,07	1,055	1,045	1,033

Așa de exemplu, dacă în curba curentului de sarcină este prezentă numai armonica de ordinul 5 în proporție de 23,3% din fundamentala curentului prin bateria de condensatoare, atunci bateria de condensatoare se poate grupa în două părți egale, dintre care una în serie cu bobina de reactanță, iar alta separată.

În cazul în care bateria de condensatoare are o capacitate destul de mare încît poate fi îndeplinită relația (13), respectiv (15), datele nominale ale filtrelor se pot stabili pe această cale.

Raportul dintre capacitățile filtrelor pentru armonicile ν și n rezultă din relația (13);

$$\frac{C_\nu}{C_n} = \frac{I_\nu}{I_n}\,\frac{\nu^2-1}{n^2-1}\,\frac{n^2}{\nu^2}\sqrt{\frac{\nu}{n}};$$

dacă, de exemplu, armonicile de ordinul ν și n ale curentului sînt egale ($I_\nu = I_n$) și $\nu < n$, atunci $C_\nu < C_n$.

b. *Optimul tehnico-economic al bobinelor de reactanță.* În cazul general, cînd capacitatea bateriei de condensatoare este dată și nu pot fi îndeplinite condițiile exprimate prin relația (13), caracteristicile filtrelor se determină din condiția de minim al volumului total al bobinelor de reactanță.

Între volumul materialelor active ale bobinelor și puterile lor aparente se poate scrie relația:

$$V = k\sum_\nu S_\nu^{3/4} \quad (17)$$

în care S_ν are expresia (12) cu:

$$\sum_\nu C_\nu = C, \quad (18)$$

iar k și C sînt constante.

Volumul este minim pentru valorile C_ν, care satisfac sistemul

$$\left.\begin{aligned} &\frac{\delta V_\nu}{\delta S_\nu}\cdot\frac{\delta S_\nu}{\delta C_\nu} = \frac{\delta V_n}{\delta S_M}\cdot\frac{\delta S_n}{\delta C_n} = \ldots \text{ pentru } \nu \neq n \\ &\sum_\nu C_\nu = C \end{aligned}\right\} \quad (19)$$

sau:

$$\left.\begin{aligned} &\left[\frac{\nu^2}{(\nu^2-1)^2}\right]^{3/4}\frac{C_\nu^{1/4}\left(C_\nu^4-\Gamma_\nu^4\nu^2\right)}{C_\nu^2\left[C_\nu^4+\Gamma_\nu^2\left(1+\nu^2\right)C_\nu^2+\Gamma_\nu^4\nu^2\right]^{5/8}} = \left[\frac{n^2}{(n^2-1)^2}\right]^{3/4}\frac{C_n^{1/4}\left(C_n^4-\Gamma_n^4\nu^2\right)}{C_n^2\left[C_n^4+\Gamma_n^2\left(1+n^2\right)C_n^2+\Gamma_n^4n^2\right]^{5/8}} = \ldots \\ &\sum_\nu C_\nu = C \end{aligned}\right\} \quad (19')$$

Soluția sistemului (19′) determină valorile optime ale capacităților filtrelor și împreună cu relația (3) determină și inductivitățile acestor circuite.

Se observă că prima ecuație generală a sistemului (19′) este satisfăcută identic de soluția dată de relația (13).

c. *Determinarea parametrilor circuitelor filtrelor din condiția de optimum tehnico-economic a instalației de compensare a puterii reactive și de filtrare a armonicilor de curent.* În cazul mai general, cînd capacitatea bateriei nu este suficient de mare, iar armonicile de curent au valori mari în raport cu fundamentala și prin urmare nu se pot îndeplini condițiile (13) și (15), parametrii circuitelor filtrelor se stabilesc din condiția de minimum a prețului de cost al instalației de compensare a puterii reactive și de filtrare a armonicilor de curent; în acest caz se consideră dată puterea reactivă care trebuie produsă și valorile armonicilor de curent.

Prețul de cost al instalației de compensare și de filtrare a armonicilor este:

$$C_0 = \sum_{\nu} c_B V_\nu + \sum_{\nu} c_Q S_{C\nu} \tag{20}$$

în care

c_B este prețul de cost pe unitatea de volum al bobinei de reactanță;

V_ν — volumul bobinei de reactanță din circuitul de filtrare ν; V_ν se exprimă în funcție de puterea aparentă a bobinei conform relației (17);

c_Q — prețul de cost pe unitatea de putere reactivă a bateriei de condensatoare;

S_{C_ν} — puterea aparentă a condensatoarelor conectate în circuitul ν de filtrare [6].

Puterea aparentă pe fază a condensatoarelor din circuitul ν este:

$$S_{C\nu} = U_{C\nu} I_{t\nu}; \tag{21}$$

ținînd seamă de relațiile (4)...(7), se poate scrie:

$$S_{C_\nu} = U_1 I_\nu \frac{\nu^2}{\nu^2 - 1} \sqrt{1 + \left[\frac{I_\nu U_1}{\nu Q_\nu}\right]^2} \sqrt{1 + \left(\frac{Q_\nu}{I_\nu U_1}\right)^2} \tag{22}$$

Puterea aparentă a bobinei de reactanță, relația (11), se exprimă în funcție de puterea reactivă astfel:

$$S_\nu = \frac{1}{\nu^2 - 1} Q_\nu \sqrt{1 + \nu^2 \left(\frac{I_\nu U_1}{Q_\nu}\right)^2} \sqrt{1 + \left(\frac{I_\nu U_1}{Q_\nu}\right)^2} \tag{23}$$

În consecință expresia prețului de cost al instalației devine:

$$C_0 = c_B \sum_{\nu} \left[\frac{U_1 I_\nu}{\nu^2 - 1} \alpha_\nu \sqrt{1 + \frac{\nu^2}{\alpha_\nu^2}} \sqrt{1 + \frac{1}{\alpha_\nu^2}}\right] + c_Q \sum_{\nu} U_1 I_\nu \frac{\nu^2}{\nu^2 - 1} \sqrt{1 + \frac{1}{\alpha_\nu^2 \nu^2}} \sqrt{1 + \alpha_\nu^2} \tag{20′}$$

$$\text{cu } \alpha_\nu = \frac{Q_\nu}{U_1 I_\nu} \tag{24}$$

Minimul expresiei (20′) în care Q_ν de care depinde α_ν trebuie să îndeplinească condiția:

$$\Sigma Q_\nu = Q, \tag{25}$$

în care Q este puterea reactivă totală care trebuie compensată și este dată — rezultă din următorul sistem:

$$\left.\begin{aligned} &\frac{\delta C_0}{\delta \alpha_\nu} \frac{\delta \alpha_\nu}{\delta Q_\nu} = \ldots = \frac{\delta C_0}{\delta \alpha_n} \frac{\delta \alpha_n}{\delta Q_n} \\ &\sum_{\nu} Q_\nu = Q \end{aligned}\right\}, \tag{26}$$

care are m ecuații și m necunoscute Q_ν (α_ν fiind definit de relația (26) în funcție de Q_ν), m fiind numărul de filtre care se execută.

Soluția sistemului (26) determină parametrii circuitelor filtrelor.

d. Determinarea parametrilor circuitelor filtrelor care au bobine de reactanță identice. Pentru simplificarea construcției, se consideră bobinele de reactanță identice:

$$L_\nu = L_n = \ldots; \tag{27}$$

din relația (3), rezultă:

$$\frac{C_\nu}{C_n} = \frac{n^2}{\nu^2}, \tag{28}$$

care împreună cu ecuația (18) formează sistemul de ecuații din care se determină capacitățile circuitelor filtrelor.

3. Determinarea dimensiunilor optime ale bobinelor de reactanță

Se consideră cunoscute datele nominale ale bobinei de reactanță: puterea aparentă nominală S_n, curentul total nominal I_n, frecvența fundamentală f și frecvența armonicii de rezonanță ν_f. Se pune problema dimensionării optime a bobinei de reactanță la un preț de cost minim și factor de calitate corespunzător armonicii de rezonanță maxim.

Condițiile suplimentare pe care trebuie să le îndeplinească bobina de reactanță sînt următoarele:

— inductivitatea să fie constantă și independentă de valoarea curentului; în acest scop bobina de reactanță se execută cu întrefier, pentru liniarizarea caracteristicii magnetice;

— bobinele de reactanță ale fazelor nu trebuie să prezinte cuplaje magnetice mutuale, iar valoarea inductivității este necesar să se regleze pe fiecare fază în parte, independent; în consecință, bobinele de reactanță pentru rețelele trifazate se execută monofazate;

— rezistența circuitului bobinei de reactanță trebuie să fie mult mai mică decît impedanța de scurtcircuit a rețelei; numai în acest caz filtrul este eficient și scurtcircuitează armonica pentru care a fost dimensionat.

Bobinele de reactanță pentru circuitele rezonante la frecvențe pînă la 1 000 Hz se execută cu miez feromagnetic.

Optimul tehnico-economic al bobinelor de reactanță la solicitări date. Schema echivalentă a bobinei de reactanță pentru frecvența de rezonanță este dată în figura 8 (unde: r este rezistența înfășurării; x —reactanța corespunzătoare fuxului Φ_σ care se închide parțial prin fereastra transformatorului; R — rezistența corespunzătoare pierderilor în fier; X —reactanța corespunzătoare fluxului Φ prin miez).

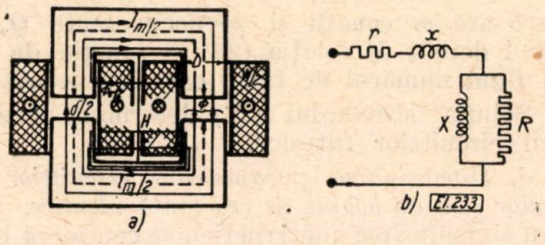


Fig. 8:
a — Bobina de reactanță cu miez feromagnetic;
b — Schema echivalentă a bobinei de reactanță cu miez feromagnetic.

Parametrii bobinei sînt considerați la frecvența de rezonanță.

Expresia puterii aparente în funcție de dimensiunile bobinei. Se presupun neglijabile pierderile prin histerezis în miezul feromagnetic, iar pentru pierderile specifice prin curenți turbionari se acceptă relația:

$$p_F = \sigma_F f^2 B^2, \tag{29}$$

în care σ_F sînt pierderile specifice la frecvența $f = 1$ și inducția magnetică $B = 1$.

Factorii din relația (11) ai puterii aparente se pot exprima în funcție de dimensiunile bobinei, de pierderile specifice maxim admisibile p_m în miez și de densitatea de curent J astfel:

$$\omega L = 2\pi f \mu_0 w^2 \frac{S_m}{\delta}, \tag{30}$$

unde:

S_m este aria secțiunii nete a miezului $\left(S_m = \frac{\pi D^2}{4} k_m,\ k_m\right.$ fiind factorul de umplere a miezului);

δ' — întrefierul echivalent $\left(\delta' = \delta + \frac{l_m}{\mu_m}\mu_0\right)$;

μ_m — permeabilitatea magnetică a miezului;

$$I_1^2 + \nu^2 I_\nu^2 = \frac{p_m \delta'^2}{2\sigma_F f^2 \mu_0^2 w^2}, \tag{31}$$

unde w este numărul de spire al înfășurării bobinei;

$$I_1^2 + I_\nu^2 = \left(\frac{S_c}{w} J\right)^2, \tag{32}$$

unde S_c este aria secțiunii nete a bobinei ($S_c = F.H.k_b$, k_b fiind factorul de umplere a ferestrei bobinei).

În consecință expresia puterii aparente în funcție de pierderile maxim admisibile p_m pe unitatea de volum al miezului și de densitatea de curent J se poate scrie:

$$S_i = \sqrt{2}\pi J \sqrt{\frac{p_m}{\sigma_F}}\, S_m S_c \tag{33}$$

Prețul de cost minim al bobinei de reactanță. Fie c_c și c_m prețul de cost al unităților de volum ale înfășurărilor și, respectiv ale miezului bobinei, prețul de cost al unei bobine în cazul particular cînd secțiunea coloanei este egală cu secțiunea jugului este:

$$C_B = c_c S_c l_c + c_m S_m l_m. \tag{34}$$

Volumul înfășurărilor și miezului se poate exprima în funcție de diametrul D al coloanei, de înălțimea H și de lărgimea F a ferestrei.

Se notează cu $x = \frac{H}{D}$ și $y = \frac{F}{2D}$; cu acestea, expresia prețului de cost la bobină avînd miezul cu coloane se poate scrie:

$$C_B = 2\pi c_c k_b \left[4xy(1+y) + \frac{c_m k_m}{2 c_c k_b}\left(y + \frac{x}{2} + \frac{\pi}{4}\right)\right] D^3 \tag{35}$$

în care x, y și D sînt necunoscute.

Durata anuală de funcționare a bobinei de reactanță cu pierderile nominale este relativ mică; de aceea, dimensionarea optimă a bobinei se stabilește în condiția în care prețul de cost C_B al bobinei este minim; astfel este necesară aplicarea aceleiași metode ca în cazul transformatoarelor de putere [8].

Prețul de cost al bobinei este minim, la putere aparentă dată, cînd este satisfăcut sistemul:

$$\frac{\delta C_B}{\delta \xi} - \frac{\delta C_B}{\delta D}\frac{\delta S_\nu / \delta \xi}{\delta S_\nu / \delta D} = 0 \text{ pentru } \xi = x, y \tag{36 a, b, c}$$

$$S_\nu = \pi^2 J \sqrt{\frac{p_m}{2\sigma_F}}\, k_m k_b\, xy\, D^4$$

Din primele două ecuații rezultă:

$$8y^3 + 2\left(3\frac{\pi}{4} + 1\right)y^2 = k\left(2y + \frac{3\pi}{4}\right)$$

$$x(1 + 2y) = 2y(4y + 3{,}355), \quad (36' \text{ a,b})$$

în care $k = \frac{c_m k_m}{2 c_c k_b}$.

În figura 9 s-a reprezentat soluția acestui sistem în funcție de valoarea raportului k.

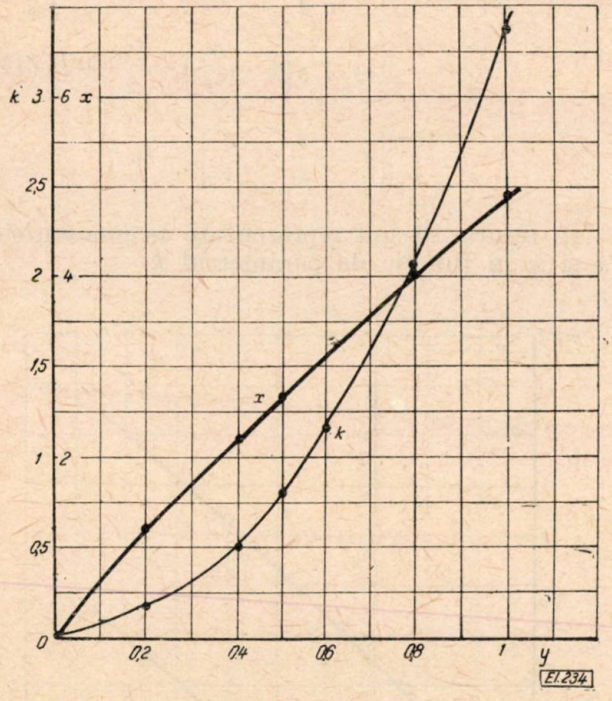


Fig. 9. k și x în funcție de y la bobina de reactanță cu pierderi specifice impuse.

După ce s-au determinat, la k dat, necunoscutele x și y, se înlocuiesc în ecuația (36 c) și se determină diametrul D al coloanei.

Prețul de cost al bobinei de reactanță mai scade, dacă se alege un raport optim (supraunitar) între secțiunea coloanei și secțiunea jugului.

Întrefierul echivalent se determină din condiția ca inducția în miez să nu depășească valoarea admisibilă; prin urmare:

$$\delta' = \sqrt{2} f_0 \mu S_c J \sqrt{\frac{\sigma_E}{p_m}} \sqrt{\frac{I_1^2 + \nu^2 I_\nu^2}{I_1^2 + I_\nu^2}}. \quad (37)$$

Problema se rezolvă pe aceeași cale și pentru bobinele cu miezul în manta.

Intrefierul echivalent optim. În cazul în care încălzirea miezului bobinei de reactanță nu constituie o problemă, datorită pierderilor mici, dimensiunile optime ale bobinei de reactanță se calculează astfel încît bobina de reactanță dată și parcursă de curentul $I_{(\nu)}$, relația (5) să fie produsă la un preț de cost minim și un factor de calitate optim.

Expresia factorului de calitate a bobinei rezultă din impedanța echivalentă (vezi fig. 8 b) [10]:

$$Z = r + jx + j\frac{RX}{R + jX}, \quad (38)$$

sau

$$Z = r + R\frac{X^2}{R^2 + X^2} + j\left(x + X\frac{R^2}{R^2 + X^2}\right). \quad (38')$$

Factorul de calitate a bobinei (inversul factorului de pierderi) este:

$$q = \frac{x + X\dfrac{R^2}{R^2 + X^2}}{r + R\dfrac{X^2}{R^2 + X^2}} \quad (39)$$

sau

$$q = \frac{\dfrac{x}{r} + \dfrac{R}{r}\dfrac{X}{R}\dfrac{R^2}{R^2 + X^2}}{1 + \dfrac{R}{r}\dfrac{X^2}{R^2 + X^2}} \quad (39')$$

Factorul de calitate q admite un maximum (în funcție de $\frac{X}{R}$, respectiv de δ') pentru:

$$\frac{R}{X} = \frac{x}{r} + \sqrt{1 + \frac{R}{r} + \frac{x^2}{r^2}}, \quad (40)$$

care pentru $\frac{R}{r} \gg 1$, $\frac{x}{r}$ devine:

$$X = \sqrt{rR}.$$

Parametrii r, X și R ai bobinei, exprimați în funcție de dimensiunile bobinei, au expresiile:

$$r = \rho\frac{l_c w^2}{S_c}$$

unde: l_c este lungimea medie a spirei ($[l_c = \pi\left(D + \frac{F}{2}\right)]$ la bobina cu miezul cu coloane);

$$X = \nu\omega L = 2\pi f \nu \mu_0 w^2 \frac{S_m}{\delta'},$$

$$R = (2\pi)^2 \frac{w^2 S_m}{2 p_m l_m},$$

unde l_m este aproximativ egală cu lungimea medie a circuitului magnetic ($l_m = 2F + 2H + \pi D$ la miezul cu coloane).

Reactanța x, corespunzătoare fluxului magnetic care se închide prin aer, este funcție de dispunerea întrefierului și are, în general, o valoare mică; în condiția simplificată de ma-

ximum a factorului de calitate, nu intervine această reactanță.

Dintre parametrii bobinei numai reactanța X variază în funcție de întrefierul echivalent $\delta' = \delta + \frac{l_m}{\mu_m}\mu_0$; la rîndul său, întrefierul echivalent crește fie prin saturarea circuitului magnetic (scade μ_m), fie prin creșterea întrefierului real δ. Influența saturației asupra factorului de putere al bobinei a fost examinată în [10].

Cu aceste expresii, condiția (41) de maximum pentru q devine:

$$2\pi f \nu \mu_0 w^2 \frac{S_m}{\delta'} = \sqrt{\rho \frac{l_c w^2}{S_c}(2\pi)^2 \frac{w^2 S_m}{2 p_m l_m}}$$

sau

$$\delta' = \nu f \mu_0 \sqrt{\frac{2 p_m S_m S_c l_m}{\rho l_c}} \qquad (42)$$

Reactanța bobinei și curentul nominal sînt determinate de datele filtrului. Se poate scrie puterea aparentă S_ν astfel:

$$S_\nu = \omega L I^2 = 2\pi f \mu_0 \frac{S_m}{\delta'} S_c^2 J^2 \qquad (43)$$

Înlocuind pe δ' din condiția de optimum a factorului de calitate, se obține:

$$S_\nu = 2\pi S_m S_c J^2 \sqrt[4]{\frac{\rho l_c S_c}{4\nu^2 J^2 \sigma_F l_m S_m} \frac{I_1^2 + I_\nu^2}{I_1^2 + \nu^2 I_\nu^2}}. \qquad (44)$$

Exprimînd ariile secțiunilor S_m, S_c și lungimile l_m și l_c în funcție de rapoartele x, y și diametrul D, puterea aparentă a bobinei are expresia:

$$S_\nu = \pi^2 k_m k_c J^2 xy D^4 \sqrt[4]{\frac{2\rho xy(1+y)k_b}{\nu^2 J^2 \sigma_F (4y + 2x + \pi) k_m} \frac{I_1^2 + I_\nu^2}{I_1^2 + \nu^2 I_\nu^2}} \qquad (45)$$

sau

$$S_\nu = k_b xy D^4 \sqrt[4]{\frac{xy(1+y)}{y + \frac{x}{2} + \frac{\pi}{4}}}, \qquad (46)$$

unde:

$$k_B = \pi^2 k_m k_b J^2 \sqrt[4]{\frac{S k_b}{2\nu^2 J^2 \sigma_F k_m} \frac{I_1^2 + I_\nu^2}{I_1^2 + \nu^2 I_\nu^2}}.$$

În acest caz se pune problema determinării prețului de cost minim al bobinei de reactanță, relația (35), între necunoscutele, x, y și D existînd relația (46).

Derivînd prețul de cost în funcție de x, y și D, și ținînd seamă de relația (46), rezultă următorul sistem de ecuații în x și y:

$$xy(1+y)\left(2x + y + \frac{\pi}{4}\right) + k\left(2x - 15y - \right.$$
$$\left. - \frac{15}{4}\pi\right)\left(y + \frac{x}{2} + \frac{\pi}{4}\right) = 0;$$

$$xy(1+y)\left[17y^2 + 7xy + y\left(4 + \frac{7}{2}\pi\right) + \frac{x}{2} + \frac{\pi}{4}\right] +$$
$$+ k\left[y^2 - 9xy + y\left(4 - \frac{9\pi}{2}\right) - \frac{15x}{2} - \right. \qquad (47)$$
$$\left. - \frac{15\pi}{4}\right]\left[y + \frac{x}{2} + \frac{\pi}{4}\right] = 0.$$

În figura 10 sînt reprezentate necunoscutele x și y în funcție de parametrul k.

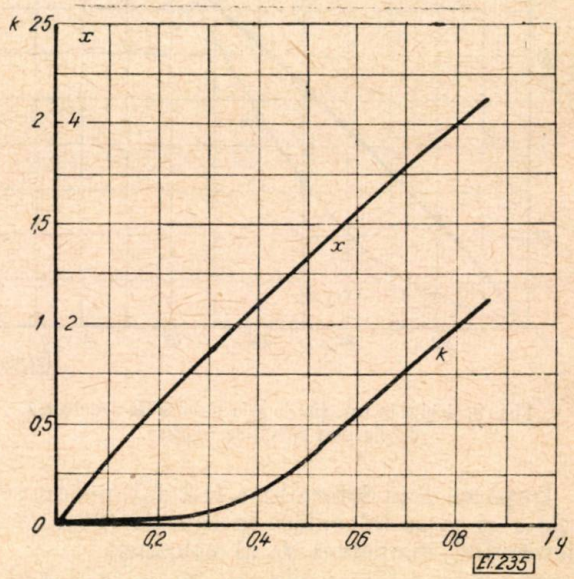


Fig. 10. k și x în funcție de y la bobina de reactanță cu factor de calitate optim.

În comparație cu soluția precedentă (vezi fig. 9), în condiții de producție date (același parametru k) și aceeași putere a bobinei de reactanță, soluția prin care se realizează factorul de calitate optim are rapoartele x, y mai mari și, prin urmare, diametrul D al coloanei, mai mic.

Întrefierul optim al bobinei de reactanță se determină din relația (42).

Bibliografie

[1] *Bălă, C., Pomîrleanu, M.* și *Bărgăuanu, M.* Compensarea regimului deformant la instalațiile de redresare echipate cu baterii de condensatoare. In: Studii și cercetări de energetică, vol. 13, nr. 2—A, 1963, p. 245 — 258.

[2] *Budeanu, C., Antoniu, I. S.* şi *Pomîrleanu, M.* Funcţionarea motorului asincron în regim deformant de tensiune. In : Comunicări Acad. R.P.R., 10/1026, 1958.

[3] *Antoniu, I. S.* Funcţionarea wattmetrelor electrodinamice în regim deformant. In : Studii şi cercetări energetice, vol. **V**, nr. 3—4, 1955, p. 545—563.

[4] *Kitagawa, K.* şi *Omori, T.* Static capacitor for high-voltage use in Japan. In Trans. AIEE part. II, 1951, p. 1 233—1 237.

[5] *Pomîrleanu, M.* Combaterea efectelor armonicilor de curent şi de tensiune în reţelele electrice de transport şi de distribuţie. Bucureşti, I.D.T., 53/760, 1963.

[6] *Bozzella, S. J., Kennedy, J. L., Mahr, M., Wahluist, H. W.* Harmonics from railroad rectifiers on power system reduced by filters. In : Trans. AIEE, vol. **74**, part. II, 1955, p. 324—335.

[7] *Arie, E., Nicolae, P.* şi *Cristea, H.* Principiile de alegere a parametrilor instalaţiilor de filtrare a armonicilor. In : Studii şi cercetări de energetică, vol. **13**, nr. 2 A, 1963, p. 259—277.

[8] *Bălă, C.* Bestimmung der optimalen Abmessungen von Leistungs transformatoren. In : Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule Elektrotechnik, Ilmenau, vol. **9** nr. 2, 1963, p. 159—164.

[9] *Bălă, C.* Regimul de lucru în curent alternativ al unei bobine saturate. In : Electrotehnica, **2**, nr. 3, 1954, p. 81—84.

[10] *Moraru, A.* Dimensiunile optime ale bobinelor cu miez de fier, la un factor de pierderi dat. In : Electrotehnica **5**, nr. 7, 1957, p. 199—210.

Intrat în redacţie la 15.IV.1964

Schema interioară optimă de conexiuni pentru condensatoarele de forţă de medie tensiune

Adrian Bercu* — Bucureşti

16261/65
LEFORDITVA

CZ 621.318.4.012.8.027.5

Problema construcţiei condensatoarelor de forţă constituie obiectul şi al altor lucrări precedente [5]. Tendinţa modernă în construcţia condensatoarelor, privită atît din punctul de vedere al siguranţei în exploatare, cît şi al indicilor tehnico-economici ridicaţi, este de a micşora la maximum puterea reactivă pe elementul de bobină.

Astfel, la seria unitară de condensatoare, pentru unitatea de 15 kVA, numărul de bobinaje este între 30 şi 40 elemente. În cazul clacării unei secţiuni, puterea pe unitate nu scade cu mai mult decît 2,5 — 3,5%, ţinînd seamă că fiecare bobinaj este prevăzut cu cîte o siguranţă fuzibilă.

După cum se arată în lucrările precedente [1], [5], din considerente dielectrice (variaţia tensiunii de ionizare în funcţie de numărul de straturi pe hîrtie), tensiunea optimă pe bobinaj este de circa 1 000 V. Deci, la condensatoarele cu tensiuni nominale pe unitate pînă la 1 000 V, schema de conexiuni interioară a bobinajelor pe fază este numai în paralel şi protecţia individuală interioară pentru fiecare bobinaj nu ridică probleme.

Cu totul altfel se pune problema pentru condensatoarele de tensiune medie, respectiv pentru tensiunile 3 000, 6 000, 10 000, 15 000, 35 000 V etc. Folosind bobinaje cu tensiuni nominale de circa 1 000 V, este necesară conectarea în serie-paralel a secţiunilor.

Pînă în prezent, schemele de conexiuni pentru aceste condensatoare erau în serie-paralel în interiorul fiecărei unităţi. După cum se va vedea în continuare, folosirea siguranţelor individuale în astfel de scheme nu are sens, întrucît în cazul clacării bobinajelor unui etaj (în serie), condensatorul este practic întrerupt. De aceea, în construcţia acestor condensatoare nu se folosesc siguranţele individuale. În mod practic, în cursul clacării unuia sau a două bobinaje, condensatorul se consideră clacat. Aceasta este explicaţia procentajului relativ ridicat de clacări la condensatoarele de medie tensiune faţă de cele de joasă tensiune.

Totuşi, unele construcţii de condensatoare de tip mai vechi foloseau schema de conexiuni cu legături serie-paralel în interior şi cu siguranţe individuale. Datorită pericolului de reanclanşare a condensatorului în condensatorul avariat, s-a renunţat la această schemă. Într-adevăr, în cazul clacării bobinajelor unui etaj, trebuie să ardă siguranţele tuturor bobinajelor din etajul respectiv. Totuşi, în unele cazuri s-a observat că nu arde întreaga lungime a siguranţei, ci rămîn „mustăţi". În cazul întreruperii curentului în condensator la capetele „mustăţilor" se aplică întreaga tensiune pe unitate. Dacă distanţa dintre aceste capete ale siguranţelor este mai mică decît spaţiul de disrupere din ulei — corespunzător tensiunii pe condensator — se produce reanclanşarea condensatorului [2].

Ţinînd seamă de deficienţele acestor scheme de conexiune, pentru tipul de condensator de 6,3 kV, încadrat în seria unitară de condensatoare, s-a conceput o nouă schemă de conexiuni care înlătură aceste dezavantaje.

Lucrarea prezintă cele trei scheme de conexiuni şi un studiu analitic al problemei repartizării gradienţilor de potenţial pe elementele din scheme, în cazul scurtcircuitării uneia sau mai multor secţiuni.

* Ing. *A. Bercu* este şef de laborator la I.C.P.E.

Varianta I. Schema de conexiuni cu grupe de bobinaje legate în serie-paralel fără siguranțe fuzibile individuale

Corespunzător schemei din figura 1, tensiunea pe etaj va fi :

$$U_s = \frac{U}{s}, \tag{1}$$

unde :

U_s este tensiunea pe etaj ;
U — tensiunea pe fază ;
s — numărul de etaje înseriate.

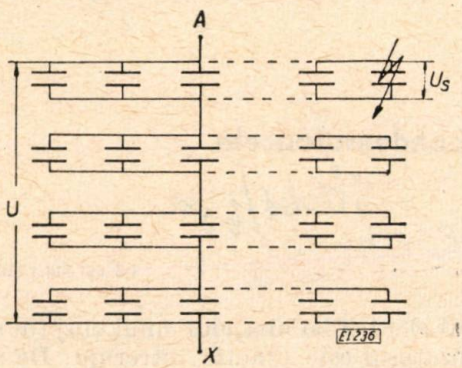


Fig. 1. Varianta I : schema de conexiuni cu grupe de bobinaj legate în serie — paralel fără siguranțe individuale.

Capacitatea totală (pe fază) a condensatorului va fi :

$$C = C_s \cdot \frac{p}{s}, \tag{2}$$

unde p este numărul de bobinaje legate în paralel.

Puterea totală a condensatorului monofazat este :

$$P = C \cdot \omega \cdot U^2 \cdot 10^{-3}, \tag{3}$$

unde P se dă în kVA, C în μ F și U în kV.

În cazul străpungerii unei bobine (de exemplu din etajul 1), datorită scurtcircuitării, întregul etaj va fi șuntat. Numărul de etaje înseriate s se va micșora cu 1 și va rezulta o valoare nouă a tensiunii pe etaj :

$$U'_s = \frac{U}{s-1} \cdot \tag{4}$$

Creșterea procentuală a tensiunii pe etaj U'_s față de tensiunea inițială U_s va fi :

$$\Delta U_s = \frac{U'_s}{U_s} = \frac{U}{s-1} \cdot \frac{s}{U} = \frac{s}{s-1} \cdot \tag{5}$$

Capacitatea totală pe fază a condensatorului se va modifica în același fel, respectiv mărindu-se, și anume :

$$C' = \frac{p}{s-1} \cdot C_b. \tag{6}$$

Făcînd raportul capacităților se va obține :

$$\Delta C = \frac{C'}{C} = C_b \cdot \frac{p}{s-1} \cdot \frac{s}{C_b \cdot p} = \frac{s}{s-1} \cdot \tag{7}$$

Puterea condensatorului monofazat va deveni :

$$P' = C' \cdot \omega \cdot U^2 \cdot 10^{-3} = \frac{p}{s-1} \cdot C_b \cdot \omega_1 \cdot U^2 \cdot 10^{-3}. \tag{8}$$

Creșterea procentuală a puterii va fi :

$$\Delta P = \frac{P'}{P} = \frac{p}{s-1} \cdot \frac{s}{p} = \frac{s}{s-1} \cdot \tag{9}$$

După cum se vede, asupra restului etajelor de bobinaje vor exista tensiuni, respectiv gradienți de potențial măriți. Pe lîngă această solicitare dielectrică sporită, există și o solicitare termică mărită în aceeași proporție, datorită creșterii puterii totale pe condensator, respectiv a pierderilor dielectrice. De exemplu, un condensator cu patru etaje de bobinaje, în urma clacării unei secțiuni, va avea, conform relației (4), o creștere a gradientului de potențial cu $\frac{s}{s-1} = \frac{4}{3} = 1{,}33$ ori.

În aceeași măsură va crește și solicitarea termică. În funcție de timp se va produce o nouă străpungere și atunci solicitările dielectrice și termice vor crește la $\frac{s}{s-2} = \frac{4}{2} = 2$ ori.

În diagrama din figura 2 este prezentată variația creșterii procentuale a capacității totale a gradientului de potențial și a puterii

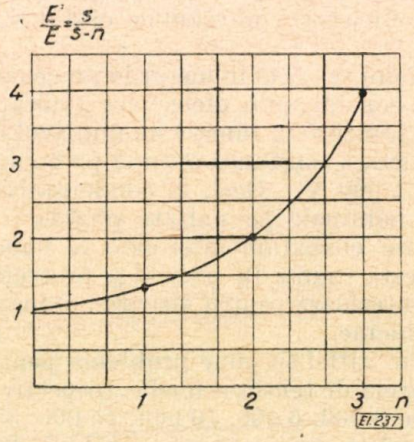


Fig. 2. Variația creșterii procentuale a intensității cîmpului electric de lucru în funcție de numărul de bobinaje (etaje) clacate la schema variantei I cu patru etaje pe condensator.

condensatorului în funcție de numărul de bobinaje (etaje) clacate. În continuare va rezulta o străpungere în cascadă a restului de bobinaje (etaje) pînă la scurtcircuitarea completă a condensatorului.

Bateriile de condensatoare formate cu astfel de condensatoare sînt prevăzute cu aparataj de protecție pentru deconectarea lor de la rețea, în cazul creșterii capacității unităților. Totuși, în ipoteza nedeclanșării la timp a releelor respective, se pot produce avarii care duc pînă la explozie.

Ținînd seamă de cele menționate, reiese că la clacarea unei singure secțiuni la probele finale din fabricație, condensatorul respectiv se consideră rebutat. Acesta este un alt dezavantaj principal al schemei de conexiuni.

Varianta a II-a. Grupe de bobinaje legate în serie-paralel cu siguranțe fuzibile individuale, în interior (fig. 3)

Față de schema prezentată în varianta I, principalul avantaj constă în protecția individuală a bobinajelor.

În cazul clacării unei bobine, siguranța individuală arzînd, bobina avariată va fi deconectată. În același timp, la etajul în care s-a produs străpungerea va avea loc o scădere a capacității și deci se va produce o disimetrie față de valorile capacităților celorlalte etaje rămase neschimbate.

Din cauza acestei disimetrii capacitive, tensiunile și gradienții de potențial nu mai au valori egale pentru toate etajele, fiind mai mari la

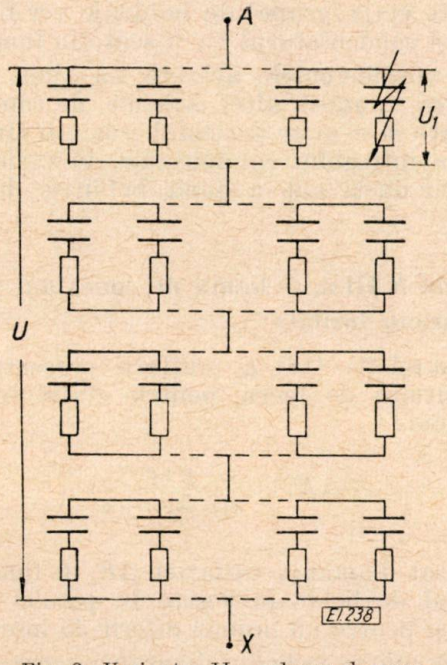


Fig. 3. Varianta II: schema de conexiuni serie-paralel cu siguranțe fuzibile individuale.

etajul cu bobina clacată. Celelalte bobinaje din acest etaj vor fi supuse la solicitări dielectrice mai mari și va crește și probabilitatea străpungerii unei noi bobine.

Pe aceste considerente se efectuează în lucrare studiul variației caracteristicilor electrice în funcție de numărul de bobinaje clacate.

În cazul clacării unei bobine (de exemplu la primul etaj), capacitatea etajului va deveni :

$$C'_1 = (p - 1)\, C_b, \tag{10}$$

iar capacitatea totală a condensatorului va fi :

$$C' = \frac{C'_1 \cdot C_2}{C'_1 + C^2} = \frac{(p-1)\cdot C_b \cdot \frac{p}{s-1}\cdot C_b}{(p-1)\cdot C_b + \frac{p}{s-1}\cdot C_b} = \frac{(p-1)\,p}{(p-1)\cdot s+1}\cdot C_b, \tag{11}$$

unde C_2 este capacitatea celorlalte etaje din condensator.

În cazul acesta, expresia tensiunii repartizate primului etaj va deveni :

$$U' = U \cdot \frac{C_2}{C_1 + C_2} = U \cdot \frac{\frac{p}{s-1}\cdot C_b}{\left(p-1+\frac{p}{s-1}\right)C_b} = U \cdot \frac{p}{s(p-1)+1}. \tag{12}$$

Se calculează creșterea relativă a tensiunii repartizate primului etaj, față de tensiunea inițială :

$$\Delta U_1 = \frac{U'_1}{U_1} = U \cdot \frac{p}{s\,(p-1)+1}\cdot\frac{s}{U} = \frac{p\cdot s}{s\,(p-1)+1}. \tag{13}$$

În același mod se calculează și creșterea relativă a gradientului de potențial de lucru al primului etaj de bobinaje, față de gradientul inițial :

$$\Delta E_1 = \frac{E'_1}{E_1} = \frac{U'_1}{d}\cdot\frac{d}{U_1} = \frac{U'_1}{U_1} = \frac{p\cdot s}{(p-1)+1}. \tag{14}$$

După cum rezultă din relația (14), creșterea gradientului de potențial depinde numai de felul conexiunii serie-paralel, respectiv de numărul de înserieri și legături în paralel ale bobinajelor.

Din cele relatate reiese că după clacarea unei bobine crește probabilitatea străpungerii altei bobine din același etaj.

În acest caz se calculează creșterile relative ale tensiunii și gradientului de potențial de lucru pentru etajul în care au loc străpungerile de bobinaje, în ipoteza clacării unui număr n de secțiuni.

Capacitatea pe etajul avariat va fi :

$$C'_1 = (p - n)\cdot C_b, \tag{15}$$

iar capacitatea restului de bobinaje din condensator :

$$C_2 = \frac{p}{s-1}\cdot C_b. \tag{16}$$

Tensiunea corespunzătoare a etajului avariat va fi :

$$U'_1 = U \cdot \frac{C_2}{C'_1 + C_2} = U \cdot \frac{\frac{p}{s-1} C_b}{(p-n) \cdot C_b + \frac{p}{s-1} C_b} =$$

$$= U \cdot \frac{p}{s(p-n) + n} \qquad (17)$$

Creşterea relativă a tensiunii şi a gradientului de potenţial la etajul avariat va fi :

$$\Delta U_1 = \Delta E_1 = \frac{U'_1}{U_1} = \frac{E'_1}{E_1} =$$

$$= U \cdot \frac{p}{s(p-n) + n} \frac{1}{U} \cdot s = \frac{p \cdot s}{s(p-n) + n} \cdot \qquad (18)$$

În cazul acesta generalizat, al variaţiei creşterii procentuale a gradientului de potenţial în funcţie de numărul de bobinaje clacate dintr-un etaj, se observă iarăşi că parametrii dependenţi sînt s şi p.

Pentru un condensator monofazat lucrînd la tensiunea reţelei de 6,3 kV, tensiunea pe fază va fi :

$$U_f = \frac{6{,}3}{1{,}73} = 3{,}64 \text{ kV}. \qquad (19)$$

În cazul unui număr de etaje $s = 4$ şi al bobinajelor legate în derivaţie pe etaj, $p = 10$, va rezulta :

$$U_1 = \frac{3{,}64}{4} = 0{,}91 \text{ kV}. \qquad (20)$$

La puterea reactivă pe unitatea monofazată de $P = 15$ kVA va rezulta capacitatea totală :

$$C = \frac{P \cdot 10^3}{U^2 \cdot \omega} = \frac{15 \cdot 10^3}{3{,}64^2 \cdot 314} = 3{,}6 \ \mu\text{F}. \qquad (21)$$

Capacitatea pe etaj :

$$C_1 = C \cdot s = 3{,}64 = 14{,}5 \ \mu\text{F}. \qquad (22)$$

Capacitatea pe bobinaj va fi :

$$C_b = \frac{C_1}{p} = C_b = \frac{C \cdot s}{10} = \frac{14{,}5}{10} = 1{,}45 \ \mu\text{F}. \qquad (23)$$

În diagrama din figura 4 se prezintă variaţia creşterii procentuale a intensităţii cîmpului electric de lucru în funcţie de numărul de bobinaje clacate dintr-un etaj, pentru condensatorul menţionat. În cazul clacării unei bobine, gradientul de potenţial creşte cu 8%, atingînd limita admisibilă (pentru funcţionare de lungă durată). În cazul clacării a încă unei bobine, gradientul se măreşte cu 18%, ajungînd la limita periculoasă, iar durata de viaţă a acestor secţiuni scade mult. Dacă se străpunge şi a treia secţiune din etaj, atunci creşterea gradientului de lucru pentru celelalte şapte bobinaje din etaj ajunge la 30% şi în mod sigur se poate prevedea că într-o scurtă durată de timp se va

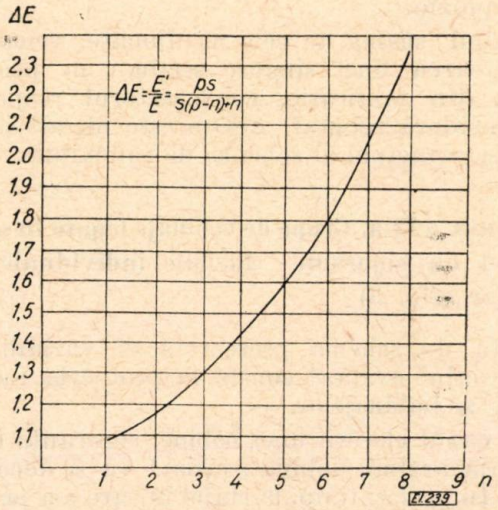


Fig. 4. Variaţia creşterii gradientului de lucru în funcţie de numărul de bobinaje clacate într-un etaj pentru schema II : $p = 10$; $S = 4$.

produce străpungerea în cascadă a restului bobinajelor. Bobinajele fiind străpunse şi siguranţele individuale se vor arde. În cazul acesta, celelalte etaje (grupe) de bobinaje vor fi întrerupte şi condensatorul va fi scos din funcţiune.

Din considerentele arătate s-a ajuns la necesitatea căutării altei scheme de conexiuni, prin care să se evite pericolul scoaterii din funcţiune a întregului condensator, în cazul străpungerii uneia sau a două bobinaje dintr-un etaj.

Varianta a III-a. Schema de conexiuni paralel cu siguranţe fuzibile

După relaţia (18) a creşterii procentuale a gradientului de lucru pentru etajul avariat, şi anume :

$$\Delta E_1 = \frac{p \cdot s}{s(p-n) + n}, \qquad (24)$$

s-a trasat diagrama variaţiei ΔE_1 în funcţie de numărul de bobinaje legate în paralel pe un etaj p şi pentru un număr diferit de înserieri s.

După cum se vede din diagrama reprezentată în figura 5, se obţine o familie de curbe asimptotice pentru s diferit. Curbele s-au trasat pentru s între 2 şi 7 şi pentru p pînă la 50. Din considerentul obţinerii unei creşteri cît mai mici a gradientului de lucru asupra etajului avariat, ar trebui să se tindă la scheme de conexiuni cu s minim şi p maxim.

Pe de altă parte, trebuie să se țină seamă că alegerea numărului de înserieri este ghidată și de tensiunea optimă pe bobinaj, respectiv pe etaj, care este în jurul a 1 kV. În schimb, numărul de bobinaje legate în derivație este limitat

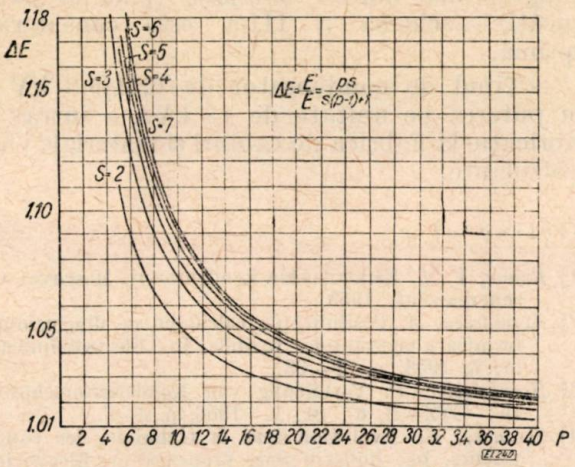


Fig. 5. Variația creșterii procentuale a gradientului de lucru în funcție de numărul de bobinaje legate în paralel (p) la condensatoare cu un număr de înserieri variabile (s) și prevăzute cu siguranțe fuzibile interioare, în cazul clacării unei singure secțiuni.

de numărul total de bobinaje care va intra în condensator și aceasta din considerente tehnologice și de preț de cost. De aici reiese concluzia realizării de unități (cuve) de condensatoare care să constituie un etaj de tensiune, iar în interior să avem bobinaje legate numai în paralel. Astfel, s-a realizat condensatorul unitate cu tensiunea pe fază de 0,91 kV, cu 40 de bobinaje prevăzute cu fuzibile legate în derivație (fig. 6).

Schema de conexiuni a bateriei de condensatoare pentru tensiunea rețelei de 6,3 kV este realizată prin montajul trifazat în stea. Pe fiecare fază sînt înseriate patru etaje (unități independente) de condensatoare. Puterea totală a bateriei este de $3 \times 4 \times 15 = 180$ kVA. Pachetul de bobinaje este izolat față de cuvă pentru tensiunea de 6,3 kV.

Raportîndu-ne la diagrama creșterii gradientului de lucru, în funcție de p și s, construcția

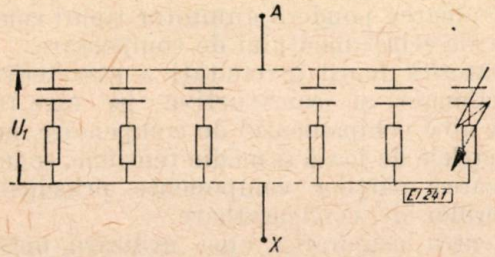


Fig. 6. Varianta III: schema cu conexiuni în paralel și siguranțe fuzibile.

se situează optim în sensul că E_1 (pentru o singură bobină clacată) este de 1,02, adică nu depășește 2% față de construcția din schema 2, unde E_1 este de 8%.

Se admite situația cea mai defavorabilă, cînd datorită unor cauze accidentale va fi străpunsă încă o secțiune în etajul considerat. Creșterea gradientului de potențial calculată după relația (18) nu depășește 4%. Pentru generalizare se trasează diagrama din figura 7, corespunzătoare variației creșterii gradientului de lucru în funcție de numărul de bobinaje străpunse.

Avantajele schemei de conexiuni din varianta a III-a sînt următoarele:

— posibilitatea protejării fiecărei secțiuni cu siguranțe fuzibile de interior;

— creșterea gradientului de potențial asupra etajului de bobinaje cel mai solicitat — în cazul străpungerii unei bobine — nu depășește 2%;

— în cazul clacării — la încercările finale — a cel mult două bobine, condensatorul respectiv, avînd o creștere a gradientului de potențial de circa 4%, nu va fi considerat rebutat, spre deosebire de cazurile analoge de la celelalte variante;

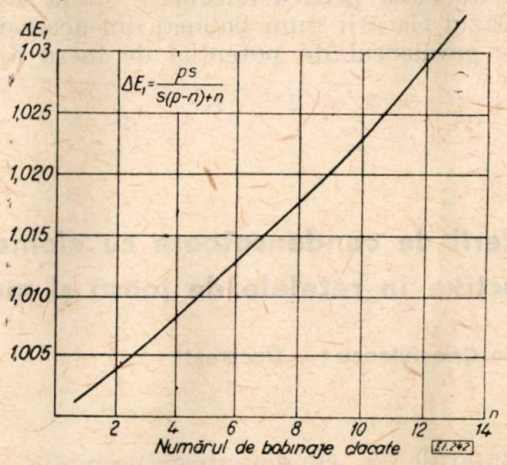


Fig. 7. Variația creșterii gradientului de lucru în funcție de numărul de bobinaje clacate dintr-un condensator, la schema III (conexiuni în paralel cu siguranțe fuzibile.).

— indicii tehnico-economici sînt identici și tehnologia de fabricație este aceeași pentru toate variantele.

Concluzii

Unul dintre considerentele principale la proiectarea schemei de conexiuni a bobinajelor condensatoarelor de forță de medie tensiune îl prezintă repartizarea tensiunilor și a gradienților de potențial asupra etajelor de tensiune în cazul străpungerii unuia sau mai multor bobinaje. În acest sens, dezvoltarea unui studiu asupra variantelor de scheme de conexiuni este imperios necesară. Se studiază trei variante.

Varianta I, cu conexiuni de bobinaje serie-paralel și fără siguranțe fuzibile individuale în interior, duce la străpungerea în cascadă a tuturor bobinajelor înseriate în cazul clacării

unui singur bobinaj. Afară de aceasta — pentru evitarea pericolului de explozie a condensatorului avariat — se cere o protecție specială a condensatorului.

— Varianta a II-a, cu conexiuni de bobinaje serie paralel individuale însă cu siguranțe fuzibile în interior prezintă — față de prima variantă — avantajele deconectării bobinei clacate și limitării creșterii gradientului de potențial asupra etajului avariat. La mai mult decît două străpungeri de bobinaje din același etaj de tensiune, gradientul de potențial asupra etajului considerat crește peste limita admisibilă de funcționare de lungă durată și se produce străpungerea în cascadă a bobinelor respective.

— Varianta a III-a, considerată optimă, constă în conectarea în paralel a unui număr mare de bobinaje prevăzute cu siguranțe fuzibile într-un condensator-unitate, care formează un etaj de tensiune. Cîteva din astfel de condensatoare se înseriază pentru realizarea unei faze a bateriei de condensatoare de medie tensiune. Fiecare condensator-unitate este izolat față de cuvă pentru tensiunea totală a fazei. În cazul clacării unui bobinaj din aceeași unitate, gradientul de potențial de lucru aplicat restului de bobinaje din condensator nu crește cu mai mult decît 2%, ceea ce în mod practic nu afectează de loc asupra condițiilor de funcționare. Din punctul de vedere al comportării condensatorului în exploatare — în cazul străpungerii mai multor bobinaje (pînă la patru bucăți) — schema a III-a este considerată optimă.

— Tipul de condensator de 0,91/6,3 kV și cu puterea pe unitate de 15 kVA a intrat în fabricație la Fabrica de cabluri și materiale electroizolante.

Bibliografie

[1] *Renne, V. T.* Elektriceskie kondensatori, Moscova, Gosenergoizdat, 1959.
[2] *Avramescu, A.* Posibilitățile calculului de dimensionare termică a siguranțelor fuzibile. In: Electrotehnica **1**, nr. 6, 1953, p. 23—33.
[3] *Hochhäusler, P.* Verhütung von Kondensatorschöden. In: ETZ—B, **8**, nr. 1, 1956, p. 4—7.
[4] *Soulages, G.* Evolution dans la technique des condesateurs. In: Bulletin Soc. Française des Électriciens **9**, nr. 104, 1959, p. 449—460.
[5] *Bercu, A.* Seria unitară de condensatoare de forță de joasă și medie tensiune. In: Electrotehnica **8**, nr. 6, 1960, p. 23—33.

Intrat în redacție la 15.VII.1963

Baterii de condensatoare cu elemente tipizate pentru compensarea energiei reactive în rețelele de joasă și medie tensiune din R.P.R.

Mario Checiulescu * — București

CZ 621.319.42.016.25

Bateriile de condensatoare-derivație ocupă un loc din ce în ce mai important în compensarea artificială a energiei reactive [1]. Acest lucru se datorește realizării industriale a condensatoarelor de forță care au o serie de avantaje față de compensatoarele rotative, și anume: sînt statice, au pierderi foarte mici și permit compensări de puteri reactive reduse.

În vederea micșorării tranzitului de putere reactivă în rețelele energetice, deci implicit a cheltuielilor de transport și distribuție a energiei electrice, există tendința de a apropia cît mai mult dispozitivul de compensare de receptoarele care consumă puterea reactivă. Mai mult, consumatorul va urmări să realizeze astfel compensarea încît să depășească factorul de putere limită impus de normele în vigoare, obținînd o serie de avantaje financiare, prevăzute de sistemul tarifar. Cu toate că în acest fel investiția devine foarte rentabilă pentru consumator, ea poate fi nerentabilă din punctul de vedere al sectorului energetic respectiv.

Amplasarea bateriilor de condensatoare va constitui o soluție tehnico-economică optimă pentru fiecare sistem energetic [2], [3]. Această soluție optimă, rezultată dintr-un studiu tehnico-economic care ține seama de avantajele economice ale compensării și de condițiile tehnice care trebuie îndeplinite, este un indice prețios la evaluarea ponderii anumitor tipuri constructive ale echipamentului de compensare.

Datorită marii diversități a caracteristicilor funcționale și constructive pe care trebuie să le aibă echipamentul de compensare, necesar în rețelele de joasă și medie tensiune, se impune tipizarea părților componente principale ale bateriilor de condensatoare.

Pentru asigurarea unei utilizării optime a echipamentului tipizat, caracteristicile lui principale trebuie să rezulte dintr-un studiu tehnico-economic, care să aibă în vedere specificul energetic și posibilitățile tehnice de realizare a bateriilor de condensatoare.

* *M. Checiulescu* este inginer principal la I.C.P.E.

Datele principale pentru tipizarea bateriilor de condensatoare

Concluziile studiului tehnico-economic pentru tipizarea bateriilor de condensatoare în rețelele de joasă și medie tensiune din R.P.R.* se pot rezuma astfel :

a. Puterile nominale ale bateriilor de condensatoare cele mai solicitate de consumatori sînt de ordinul multiplilor valorilor următoarei game de puteri (exprimate în kVAr) : 30, 45, 60, 90, 120, 160, 180, 360, 540.

b. Această gamă de puteri se poate diviza, funcție de numărul cererilor, în subgama A pentru compensarea de joasă tensiune (cuprinzînd puterile pînă la 150 kVAr inclusiv) și subgama B (în care intră puterile mai mari decît 150 kVAr). Puterile din subgama A sînt solicitate de un număr aproape dublu de consumatori, în raport cu cele din subgama B.

c. Bateriile de condensatoare se pot instala în rețelele tipizate avînd următoarele tensiuni pe linie : 380, 500 V — pentru joasă tensiune și 6 000 V — pentru medie tensiune.

La tensiunile 220, 1 000 și 3 000 V nu se vor instala baterii de condensatoare, nefiind rațională o producție specială pentru echipamentul respectiv. În astfel de cazuri, compensarea se va face în alte puncte ale rețelei, care au tensiuni corespunzătoare gamei indicate.

d. Se recomandă următoarele metode de compensare :

— pe grupuri (caracterizată prin instalarea bateriilor de condensatoare la nivelul grupurilor de receptoare mici de joasă tensiune) ;

— centralizată pe joasă tensiune (caracterizată prin instalarea bateriei de condensatoare la barele secundare ale transformatorului de alimentare al consumatorului) ;

— fracționată (caracterizată prin instalarea de baterii de condensatoare în diferite puncte ale liniilor de distribuție de medie tensiune).

Compensarea individuală se recomandă numai în cazurile receptoarelor de putere foarte mare [4], cu un coeficient de utilizare ridicat, care să justifice investiția. În asemenea cazuri, pentru a evita supratensiuni și șocuri periculoase, condensatoarele se conectează direct la bornele receptoarelor, fără aparatură de comutație.

e. Din punct de vedere funcțional, bateriile de joasă tensiune sînt în general mixte, fiind formate din baterii fixe (necomutabile) și baterii comutabile în trepte.

Treptele vor avea puterea de 15 kVAr, și, în cazuri mai rare, de 30 kVAr. Compensarea este cu atît mai eficientă cu cît treapta are putere mai mică, însă la puterile mari de compensat, numărul mare de trepte de putere mică poate face compensarea neeconomică, datorită costului aparaturii de comandă și reglare.

Se recomandă reglarea automată a puterii bateriei comutabile, numărul de trepte cel mai solicitat de consumatori fiind 4, 8 și 12.

f. La bateriile de medie tensiune (6 kV), bateria va fi de tip comutabil, cu o singură treaptă de putere egală cu puterea nominală a bateriei respective (180, 360 kVAr etc.). Se recomandă reglarea automată a bateriei (o singură treaptă).

g. Compensarea optimă, cînd se urmărește reducerea pierderilor active în rețele, (cazul tratat în această lucrare) se asigură prin reglarea automată în raport cu puterea respectivă. Celelalte tipuri de reglare folosite (în raport cu curentul absorbit de consumator, cu tensiunea, cu o programare temporală prestabilită etc.) pot duce la o importantă micșorare a eficacității tehnico-economice a bateriei.

h. Pentru buna comportare în exploatare a bateriilor de condensatoare, la realizarea constructivă se vor avea în vedere : formele constructive necesare pentru diferite metode de compensare, aparatura pentru protecția electrică a condensatoarelor și problemele constrctive legate de poziția și mediul în care va funcționa bateria.

Privire de ansamblu asupra problemelor constructive și de echipament

Formele constructive rezultă din concluziile studiului tehnico-economic, prezentate mai sus și din datele nominale ale echipamentului de compensare format din condensatoare de forță, aparatură de comandă, reglare și protecție.

Funcție de specificul energetic și tipul elementelor adoptate pentru echipamentul de compensare, se poate constata o varietate destul de mare a formelor constructive.

Astfel, bateriile de joasă tensiune, utilizate pentru compensarea factorului de putere la consumator, au evoluat de la forma inițială de dulapuri metalice în care se monta aparatura de comandă și de reglare împreună cu condensatoarele de forță, la tipuri de panouri combinabile care permit extinderea ușoară a bateriei de condensatoare și asigură o producție rațională de serie [5], [6]. Dulapul unic a fost împărțit în mai multe părți : dulapul pentru conexiuni cu posibilități de montare a siguranțelor sau separatoarelor, dulapul cu aparatura de comutație și reglare și stelajele pentru condensatoare. Cele două dulapuri pentru instalațiile electrice, denumite distribuitoare, au dimensiuni relativ mici ($870 \times 500 \times 400$ mm), se pot monta pe zid sau pe un schelet metalic și se pot extinde la stînga sau la dreapta. Se fabrică pentru baterii comutabile pînă la maximum 12 trepte, la o putere maximă pe treaptă de 100 kVAr pentru tensiunea trifazată de 380

* Studiul tehnico-economic face obiectul altei lucrări care se va publica în revista Energetica.

sau 500 V. Distribuitoarele se pot plasa și deasupra condensatoarelor, cînd se pune problema economiei de spațiu. Atunci cînd se urmărește repartizarea condensatoarelor în diferite puncte ale rețelei interioare a consumatorului, se adoptă alt sistem constructiv la care se păstrează un singur panou central de conexiuni, iar treptele bateriei comutabile formate din condensatoare și aparatura respectivă de comutație, se realizează ca unități constructive separate.

Ca aparatură de comutație se utilizează în prezent contactorul tripolar în aer, echipat cu siguranțe fuzibile, această înlocuire a întreruptorului, special pentru condensatoare fiind acceptată numai după încercările de rigoare.

În Franța, studiile pentru instalarea bateriilor de condensatoare [7] indică compensarea cu baterii concentrate în posturile de înaltă tensiune, medie tensiune și cu baterii fracționate pe liniile de medie tensiune, în rețelele de joasă tensiune urmînd a se instala baterii de tip exterior, montate pe stîlpi, pentru compensarea căderilor de tensiune. Pentru medie tensiune, bateriile se introduc în cabine metalice de tip exterior care asigură compensarea fracționată. În aceste cabine, condensatoarele sînt separate de restul echipamentului [8]. Comutarea întregii baterii se face la comanda regulatorului automat prin intermediul unui disjunctor special. Acest disjunctor are uneori și funcția de descărcare și punere la pămînt a bateriei, la deconectarea de la rețea. Protecția, în caz de clacare a unui condensator, este preluată de un releu diferențial atunci cînd există două baterii de condensatoare în conexiune stea, cu neutrul izolat. Pentru scurtcircuit se prevăd siguranțe fuzibile. Condensatoarele sînt de obicei monofazate, de 4 kV și de 20 kVAr putere unitară.

În Japonia, pentru a ieftini bateriile de condensatoare, se utilizează unități de condensatoare de puteri mult mai mari decît în alte țării (400 + 600 kVAr). Compensarea se face cu baterii concentrate în stațiile de înaltă tensiune, condensatoarele de tip exterior fiind prevăzute cu un echipament de comandă și protecție redus la minim [1].

În R.P.R., compensarea cu baterii de condensatoare fabricate în țară se face în rețele trifazate de 380 și 500 V pentru joasă tensiune. Puterea nominală a bateriei se calculează de consumator pe baza metodicii oficiale [9], în raport cu factorul de putere impus (în momentul de față este 0,9). Pentru fiecare caz în parte se elaborează schema electrică și partea constructivă (schelet, suport sau panouri metalice). Reglarea se face de obicei manual și pentru o treaptă, divizarea bateriei în mai multe trepte fiind mai rar folosită, deoarece se mărește costul investiției în aparatura de comandă suplimentară și se complică exploatarea (trebuie ca electricianul de serviciu să comute anumite părți ale bateriei la anumite ore, funcție de curba de sarcină reactivă a consumatorului).

Ca aparate de comutare se folosesc întreruptoarele automate în ulei din seria fabricată în țară pentru utilizări curente (tip DITU pentru joasă tensiune, pînă la 500 V și tip IUP 6 pentru medie tensiune de 6 kV). Pentru asigurarea protecției la scurtcircuit se montează tot siguranțe fuzibile din seria curentă, iar descărcarea bateriei se face prin intermediul becurilor care servesc și pentru semnalizarea de funcționare a bateriei. În cele mai multe cazuri, datorită tipului de construcție deschisă, bateria se instalează într-un compartiment sau încăpere separată, la nivelul transformatorului de alimentare.

Această situație duce la scăderea eficacității tehnico-economice a compensării și la eventuala mărire nejustificată a investițiilor și cheltuielilor de exploatare a bateriilor de condensatoare.

Tipizarea generală a echipamentului evită cheltuielile inutile și dificultățile de proiectare, de realizare și de exploatare a bateriilor de condensatoare.

Ținînd seamă de nivelul actual al tehnicii de compensare cu condensatoare-derivație, și de datele rezultate din concluziile studiului tehnico-economic s-a elaborat un sistem constructiv de tip nodular, cu un număr minim de elemente constructive tip. Proiectarea formelor constructive și a schemelor electrice s-a bazat exclusiv pe produse fabricate în țară sau care urmează să se asimileze, ca de exemplu : seria unitară de condensatoare de forță (unitatea constructivă trifazată de 15 kVAr pentru 380 și 500 V, iar pentru 6 kV — bateria unitate de 180 kVAr formată din 12 unități constructive monofazate de cîte 15 kVAr legate în stea [10]) aflată în producție la F.C.M.E. ; seria unitară de contactoare tripolare în aer și de siguranțe fuzibile de mare putere de rupere de joasă tensiune, fabricate de „Electroaparataj", dulapuri metalice pentru interior sau cabine metalice prefabricate pentru exterior, care se pretează unei producții de serie etc.

Formele constructive au în vedere, în afara specificului metodei de compensare, și problema gradului de protecție necesară bateriei de condensatoare (mecanică, la atingere, la umiditate, la ploaie, la praf, la explozii etc). În această lucrare s-au prezentat numai formele constructive care asigură, pentru interior, protecția mecanică și la atingere, iar pentru exterior protecția la ploaie, acestea reprezentînd cererile cele mai frecvente. Acolo unde se va dovedi necesar, se va putea elabora o tipizare și pentru situațiile speciale.

Elemente constructive de tip pentru echipamentul electric al bateriilor de condensatoare necesare în rețelele din R.P.R.

Pentru bateriile de joasă tensiune, de tip interior protejate mecanic, sînt indicate următoarele elemente tip :

1. Panoul de comandă tip QC—12 (*fig. 1*), care cuprinde aparatura de comandă manuală și automată a contactoarelor pentru comutarea treptelor bateriei de condensatoare. Pentru comanda manuală s-au prevăzut comutatoare-pachet, montate în serie cu bobinele contactoarelor. Comanda automată este realizată de un regulator automat de putere reactivă. Protecția circuitelor se face cu o siguranță fuzibilă. În același panou se poate monta instalația de comandă pentru 4, 8 sau 12 trepte, regulatorul automat putînd fi eventual format din module de 4 comenzi (QC—4).

2. Panoul intermediar tip QI (*fig. 2*) cuprinde aparatura de comutație pentru treptele bateriei comutabile, formată din contactoare tripolare echipate cu siguranțe fuzibile.

În ceea ce privește descărcarea condensatoarelor după declanșarea de la rețea, s-au propus două variante. Varianta A este mai sigură, deoarece s-au eliminat contactele auxiliare din circuitul rezistenței de stingere, însă duce la pierderi de energie activă. În varianta B, care se acceptă dacă contactele auxiliare funcționează pentru puterea treptei de 15 kVAr sau de tip QI—120 (puterea treptei de 30 kVAr). Funcționarea contactoarelor este semnalizată pe placa frontală și poate fi semnalizată și la distanță.

3. Panoul de condensatoare (*stativ*) *tip QS—60* (*fig. 3*) este un dulap metalic, prevăzut cu fante pentru ventilație, în care pot fi montate 4 condensatoare de 15 kVAr. Acest panou se poate racorda cu panoul de comandă, prin decuparea de la partea superioară acoperită cu placa amovibilă. La suprapunerea a două asemenea panouri se vor suprima capacele de pe suprafața comună.

4. Panoul de condensatoare pentru bateria fixă tip *QF—60* (*fig. 4*) are, în plus, față de panoul QS—60, un separator-siguranță fuzibilă tripolar, cu care se poate comuta și proteja bateria de 60 kVAr, și două rezistențe pentru descărcarea condensatoarelor după deconectare de la rețea. Și în acest caz se poate realiza întreruperea circuitelor de descărcare la funcționarea bateriei, dacă separatorul-siguranță permite acest lucru. Semnalizarea funcționării se face cu două lămpi de semnalizare, de consum redus.

5. Unitatea de reglaj tip QR—15 (*fig. 5*) cuprinde tot echipamentul necesar pentru o treaptă de 15 kVAr a bateriei comutabile. Și în acest caz, descărcarea condensatorului se poate face după două scheme A și B. Cu această unitate tip se poate realiza o compensare pe grupuri,

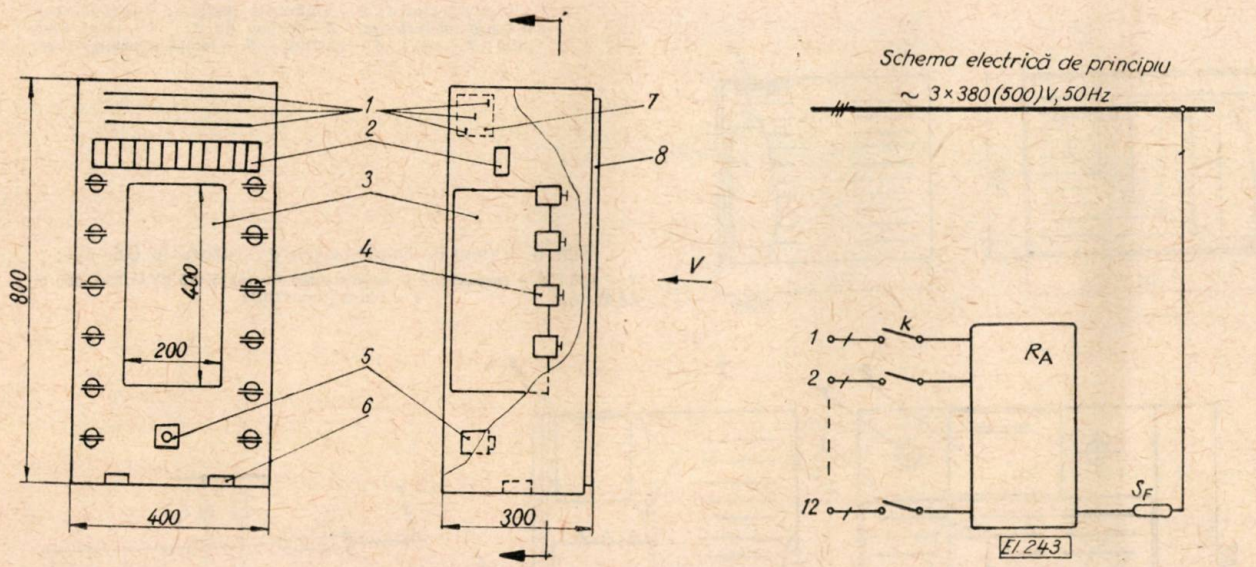


Fig. 1. Panou de comandă tip QC—12 :
1 — bare colectoare ; *2* — cleme de șir ; *3* — regulator automat de putere reactivă R_A ; *4* — comutator — pachet K ; *5* — siguranță fuzibilă S_F ; *6* — ieșire conductoare ; *7* — placă amovibilă ; *8* — ușă.

bine, rezistențele de descărcare sînt deconectate cînd bateria este racordată la rețea și deci se evită pierderile active din schema A.

Funcție de puterea totală a bateriei formată din patru trepte, panoul este de tip QI—60 comanda unităților dispersate putînd fi efectuată de la un singur panou de comandă. Construcția metalică permite o ușoară scoatere sau introducere a conductorului, asigurînd și protecția la atingere. În felul acesta, pentru îm-

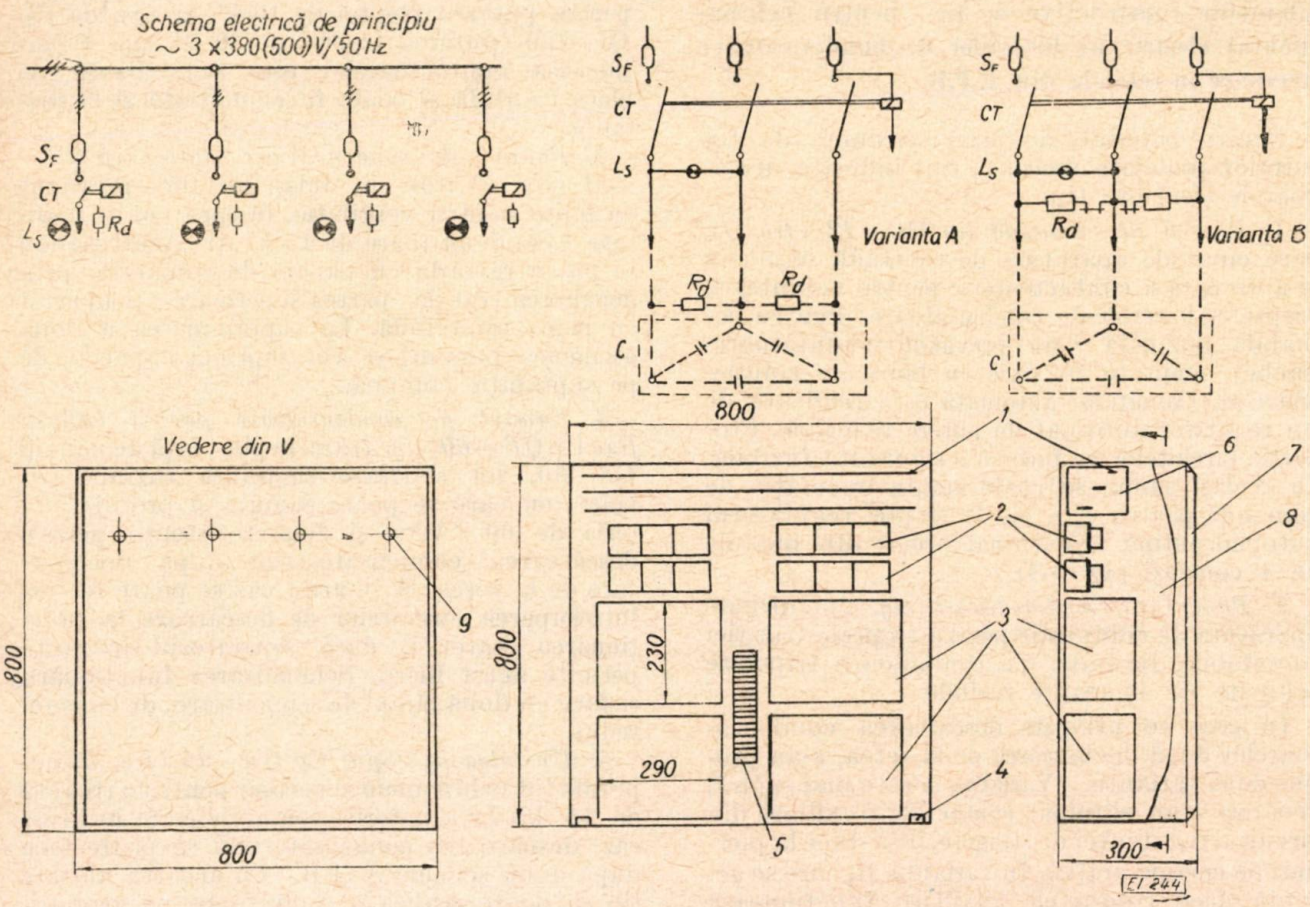


Fig. 2. Panoul intermediar tip QI:
1 – bare colectoare; *2* – siguranțe fuzibile; *3* – conductor; *4* – ieșire conductoare; *5* – cleme de șir; *6* – placă amovibilă; *7* – ușă; *8* – carcasă; *9* – lampă semnalizatoare.

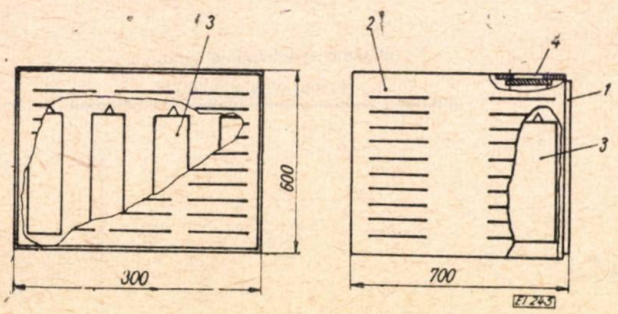


Fig. 3. Panou de condensatoare (stativ) tip QS—60:
1 – ușă; *2* – carcasă; *3* – condensator de forță (15 kVAr/380, 500 V); *4* – placă amovibilă.

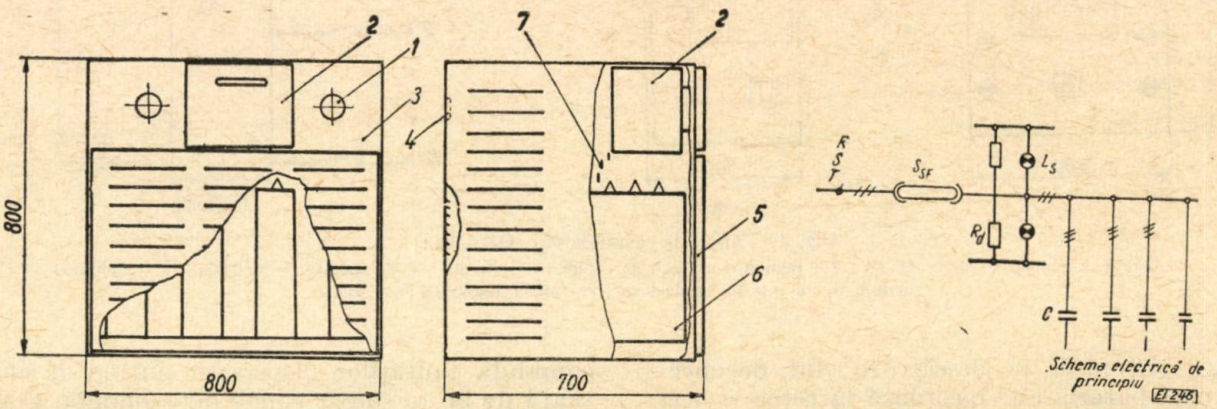


Fig. 4. Panou de condensatoare tip QF—60:
1 – lampă de semnalizare L_s; *2* – separator– siguranțe tripolar S_{SF}; *3* – panou condensator pentru baterie fixă; *4* – placă amovibilă; *5* – ușă; *6* – condensator C (15 kVAr/380, 500 V); *7* – bare colectoare; *8* – siguranțe fuzibile pentru S_{SF}, S_F;

bunătățirea factorului de putere, într-un punct mai solicitat al rețelei consumatorului se pot utiliza, în mod operativ, condensatoarele din alte puncte mai puțin încărcate.

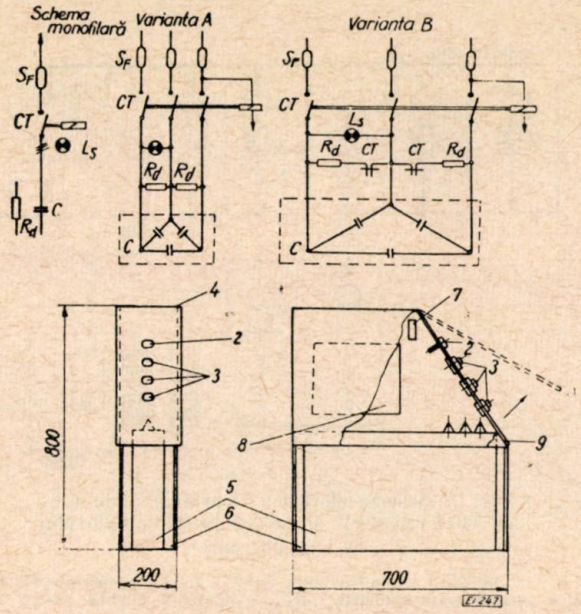


Fig. 5. Unitatea de reglare tip QR—15:
1 — rezistență de descărcare R_d; *2* — lampă de semnalizare L_s; *3* — siguranță fuzibilă S_F; *4* — carcasă de protecție; *5* — condensator de forță trifazat *C* (15 kVAr/380, 500 V); *6* — schelet-suport; *7* — cleme de șir; *8* — contactor tripolar de joasă tensiune *CT*; *9* — capac.

6. Unitatea de reglaj tip QR—30 (*fig.6*) este similară cu precedenta, avînd însă putere dublă (de 30 kVAr).

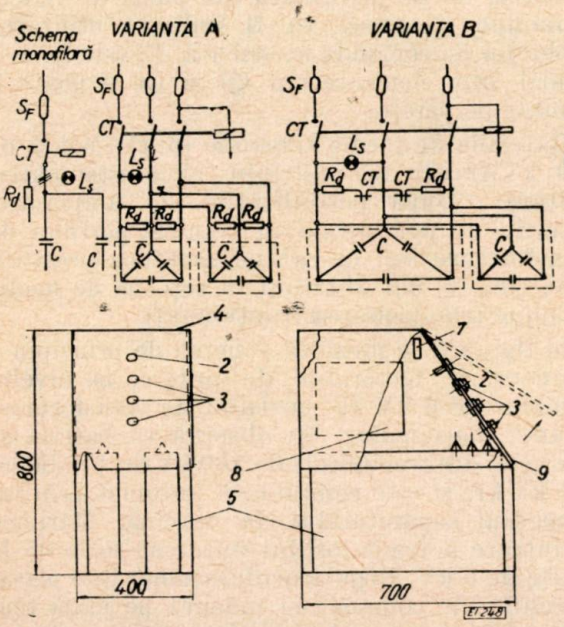


Fig. 6. Unitatea de reglare tip QR—30:
1 — rezistență de descărcare R_d; 2 — lampa de semnalizare L_s; *3* — siguranță fuzibilă S_F; *4* — carcasa de protecție; *5* — condensator de forță trifazat *C* (15 kVAr/380, 500 V); *6* — schelet-suport; 7—cleme de șir; *8* — contactor tripolar de joasă tensiune *CT*; *9* — capac.

Primele patru elemente-tip se vor utiliza la formarea bateriilor compacte pentru compensarea centralizată pe joasă tensiune, ultimele două fiind rezervate pentru bateriile divizabile, care pot asigura compensarea pe grupuri.

Pentru medie tensiune (6 kV), elementele constructive tipizate ale bateriei se reduc la compartimentele ce compun cabina metalică de tip exterior. Construcția lor va fi expusă împreună cu construcția cabinei. În ceea ce privește cotele de gabarit care s-au dat la unele figuri trebuie reținut faptul că sînt estimative, unele aparate nefiind încă definitivate constructiv, (de exemplu separatorul-siguranță tripolar de joasă tensiune, separatorul de sarcină, echipat cu siguranțe fuzibile, pentru medie tensiune etc.).

Baterii de condensatoare cu elemente tipizate

În continuare se vor prezenta cîteva exemple de baterii de condensatoare realizate cu elemente-tip.

1. Compensarea pe joasă tensiune cere de obicei o baterie mixtă, formată dintr-o parte fixă și alta comutabilă. Montarea unei asemenea baterii nu prezintă dificultăți și permite modificarea, cu ușurință, a puterii nominale instalate.

Schema generală a unui consumator cu compensare centralizată pe joasă tensiune (fig. 7) arată modul în care se fac conexiunile între elementele-tip.

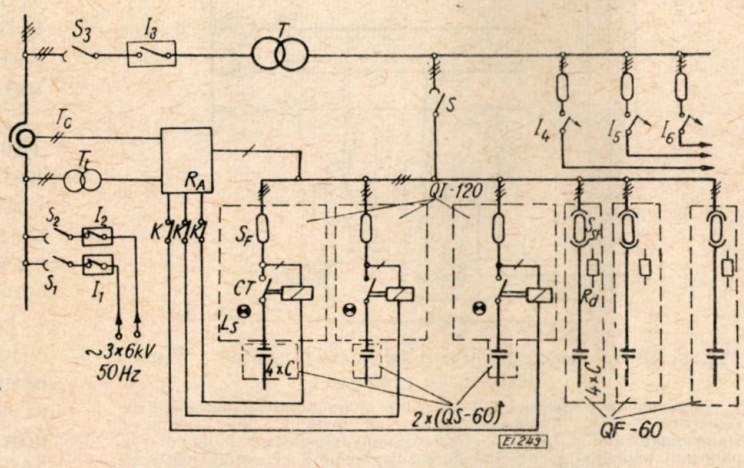


Fig. 7. Baterie mixtă tip compact de joasă tensiune — schema electrică de principiu:
1 — separatoare pe feederi S_1—S_2; *2* — întreruptoarele automate ale feederilor I_1 — I_2; 3 — transformatorul de forță *T*; *4* — separatorul transformatorului *T*, S_3; *5* — întreruptorul transformator *T*, I_3; *6* — separatorul principal al bateriei de condensatoare *S*; *7* — întreruptoarele automate pe cablurile de distribuție de joasă tensiune I_4—I_6; *8* — siguranțe fuzibile pentru *CT*, S_F; *9* — separator—siguranță tripolar S_{SF}; *10* — contactor *CT*; *11* — lampă de semnalizare L_S; *12* — rezistență de descărcare R_d; *13* — pacoșalter *K*; *14* — regulator automat de putere reactivă R_A; *15* — transformator de măsură de tensiune T_t; *16* — transformator de măsură de curent T_c; *17* — condensator de forță trifazat *C* (15 kVAr/380, 500 V).

Bateria comutabilă tip compact realizată cu elemente-tip poate avea următoarele puteri nominale (în kVAr) : 60, 120, 180 etc., pentru treapta de 15 kVAr și 120, 240, 360 etc. pentru treapta de 30 kVAr. Bateria fixă poate avea puteri nominale egale cu multiplii puterii unitare de 60 kVAr.

Bateria mixtă de tip divizibil, pentru joasă tensiune, este instalată la un consumator în vederea compensării pe grupuri (fig. 8). Unitățile de reglaj tip QR —15 sau QR —30 pot fi însă montate și centralizat în cadrul unei baterii mixte. Bateria comutabilă tip divizibil poate avea puteri nominale egale cu multiplii puterii treptei de reglaj (15 sau 30 kVAr).

La schemele din figurile 7 și 8, mărimea de intrare pentru regulatorul automat de putere reactivă s-a luat de pe partea de înaltă tensiune a transformatorului de alimentare a consumatorului, urmărindu-se astfel și compensarea puterii reactive a transformatorului principal.

Sînt multe cazuri cînd consumatorul și-a realizat o baterie de condensatoare la nivelul

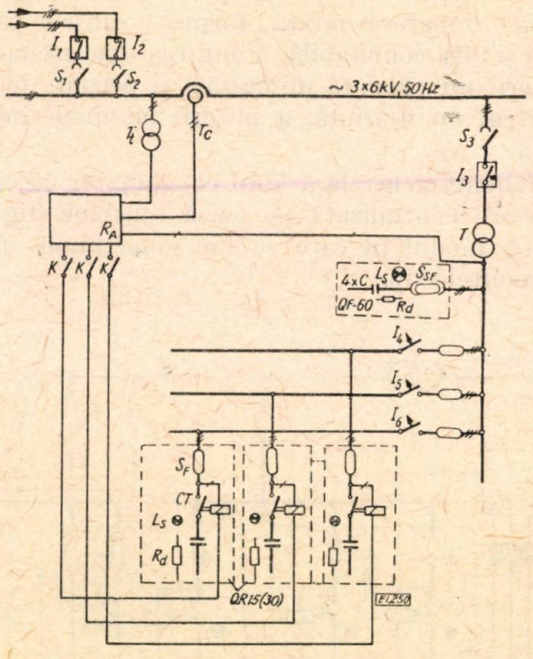


Fig. 8. Baterie mixtă tip divizibil de joasă tensiune — schema electrică de principiu :

1 — separatoare pe feederi $S_1 - S_2$; *2* — întreruptoarele automate ale feederilor $I_1 - I_2$; *3* — transformator de forță T ; *4* — separatorul transformatorului T, S_3 ; *5* — întreruptorul transformat T, I_3 ; *6* — separatorul principal al bateriei de condensatoare S ; *7* — întreruptoarele automate pe cablurile de distribuție de joasă tensiune $I_4 - I_6$; *8* — siguranțe fuzibile pentru CT, S_F ; *9* — separator—siguranță tripolar S_{SF} ; *10* — contactor CT ; *11* — lampă de semnalizare L_S ; *12* — rezistență de descărcare R_d ; *13* — pacoșalter K ; *14* — regulator automat de putere reactivă R_A ; *15* — transformator de măsură de tensiune T_t ; *16* — transformator de măsură de curent T_c ; *17* — condensator de forță trifazat C (15 kVAr/380, 500 V).

posibilităților și al necesităților dintr-o anumită perioadă. Avînd în vedere ridicarea limitei impuse a factorului de putere și mărirea în consecință a puterii instalate a bateriei de condensatoare, utilizarea unei aparaturi moderne, care să satisfacă condițiile tehnico-economice cerute de o bună compensare, devine necesară. Renunțarea la panourile sau dulapurile inițiale ar

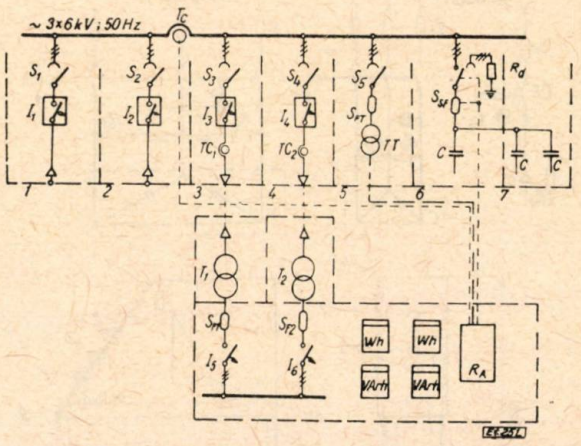


Fig. 9. Schema electrică de principiu a bateriei de 540 kVAr/6 kV, instalată în celulele postului de transformare :

1 — 7 — celule de medie tensiune (6 kV) ; $S_1 - S_5$ — separatoare ; $I_1 - I_4$ — întreruptoare automate ; S_{FT} — siguranță fuzibilă pentru TT ; TT — transformator de măsură de tensiune ; $TC_1 - TC_2$ — transformator de măsură de curent ; S_{SF} — separator de sarcini de medie tensiune, echipat cu siguranțe fuzibile de mare putere de rupere ; C — baterie de condensatoare unitară de 180 kVAr ; R_d — rezistență de descărcare ; T_1, T_2 — transformatoare de forță ; S_{F_1}, S_{F_2} — siguranțe fuzibile de mare putere de rupere pentru joasă tensiune ; I_5, I_6 — întreruptoare automate ; R_A — regulator de putere reactivă ; Wh — contor de energie activă ; $VArh$ — contor de energie reactivă ; TC — transformator de curent pentru R_A.

putea să nu fie justificată din punct de vedere economic și atunci va fi indicată utilizarea tabloului de comandă automată. El este format numai din elemente tip QI și Qc și poate fi montat pe perete.

Bateriile de medie tensiune (6 kV) pot fi de 180 kVAr sau un multiplu al acestei puteri unitare. După posibilitățile de amplasare, bateriile se pot instala în celulele postului de transformare sau în cabine metalice prefabricate, care se pot distribui în rețeaua de medie tensiune (compensarea fracționată).

În figura 9 se prezintă schema de principiu a compensării factorului de putere, la nivelul celulelor de 6 kV ale postului de transformare al unui consumator. Se observă că bateria se compune din trei unități de 180 kVAr, totalizînd 540 kVAr, și este comandată automat prin intermediul separatorului de sarcină. Mărimea de intrare a regulatorului automat se ia de la barele de 6 kV. Regulatorul automat este plasat în celula de comandă și măsură pe joasă tensiune. În acest caz, blocul simbolizat cu R_A include și posibilitatea de reglare manuală. Bateria de tip interior poate avea puterea nominală egală cu multiplii puterii unitare de 180 kVAr.

Cabina de exterior (fig. 10) se montează din elemente prefabricate, pe o platformă de beton. Pentru transport, în cazul cînd nu se procedează la demontare, s-au prevăzut inele de ridicare.

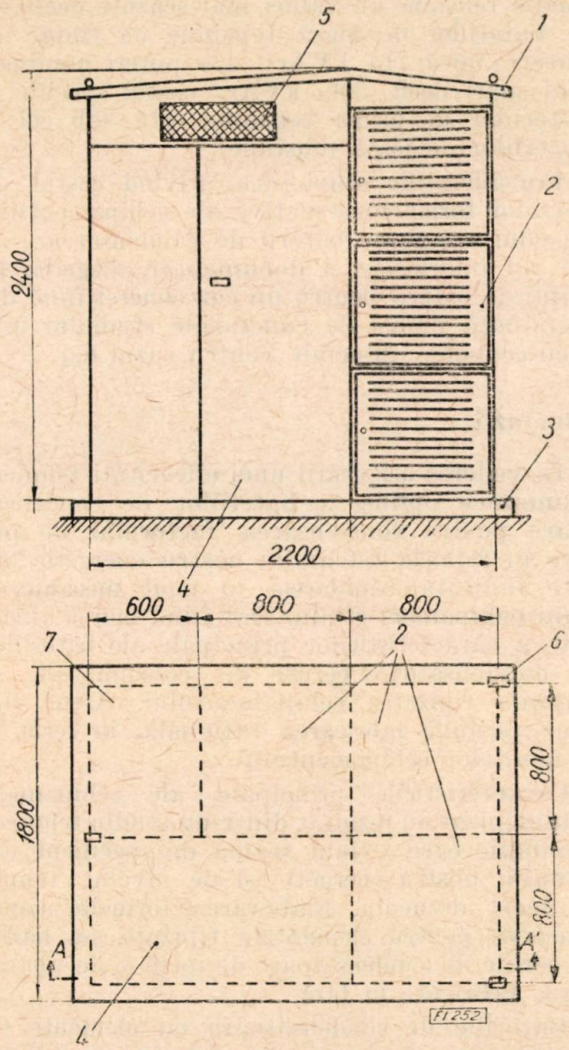


Fig. 10. Cabină metalică prefabricată tip QE—540/6 kV: *1* — acoperiș; *2* — compartiment condensatoare; *3* — fundație; *4* — compartiment întreruptor; *5* — fereastră pentru ventilație; *6* — inel de ridicare; *7* — compartiment de comandă.

Cabina tip QE—540/6 kV are puterea nominală de 540 kVAr și se compune din trei compartimente identice pentru condensatoare (de cîte 180 kVAr), un compartiment pentru întreruptor (care cuprinde separatorul de sarcină și partea de măsură pe medie tensiune) și un compartiment de comandă (în care se află aparatura pentru reglarea manuală și automată a bateriei). Bateria poate fi și de putere nominală mai mică, la puterea de 180 kVAr, putînd fi redus și gabaritul. În general, funcție de caracteristicile nominale ale separatorului de siguranță și de locul prevăzut pentru amplasarea cabinei, puterea nominală poate fi egală cu multiplii puterii unitare de 180 kVAr, căreia îi corespunde o formă constructivă-tip.

Considerații economice

Tipizarea echipamentului pentru ameliorarea factorului de putere cu ajutorul bateriilor de condensatoare are o serie de avantaje tehnico-economice incontestabile, care au fost prezentate la începutul acestei lucrări.

Pentru a avea și o bază de apreciere a costului echipamentului de comandă și protecție a condensatoarelor se consideră următorii indici de cost.

— Costul specific al condensatoarelor :

$$c_k = \frac{C_k}{Q_k}, \text{ lei/kVAr}, \qquad (1)$$

unde :

C_k este costul condensatoarelor de forță, lei;
Q_k — puterea totală a condensatoarelor, kVAr.

— Costul specific al echipamentului condensatoarelor :

$$c_a = \frac{C_a}{Q_k}, \text{ lei/kVAr}, \qquad (2)$$

unde :

C_a este costul echipamentului condensatoarelor, lei.

— Costul specific al bateriei de condensatoare :

$$c_i = c_k + c_a, \text{ lei/kVAr}. \qquad (3)$$

— Indicele economic al echipamentului condensatoarelor :

$$e_k = \frac{c_a}{c_k} \cdot 100, \%. \qquad (4)$$

Determinarea valorilor acestori indici s-a făcut pentru următoarele feluri de baterii cu elemente-tip (fig. 11) :

BCC — baterie de condensatoare comutabilă automat, tip compact, de joasă tensiune;
BCD — baterie de condensatoare necomutabilă fixă, de joasă tensiune;
BF — baterie de condensatoare necomutabilă (fixă) de joasă tensiune;
BT — baterie de condensatoare de joasă tensiune automatizată cu ajutorul tabloului de comandă automată;
BI — baterie de condensatoare de medie tensiune pentru interior (tip celulă), comutabilă automat;
BE — baterie de condensatoare de medie tensiune pentru exterior (tip cabină), comutabilă automat.

Costul specific al condensatoarelor s-a considerat de circa 200 lei/kVAr. Ceilalți indici de cost se calculează pe baza estimării costului elementelor-tip și a caracteristicilor bateriei.

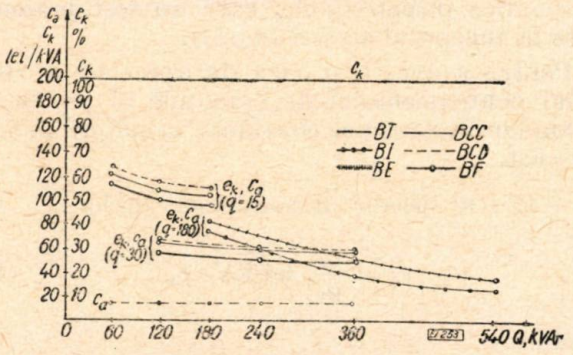


Fig. 11. Variația indicilor de cost ai bateriilor de condensatoare cu elemente tipizate în raport cu puterea nominală : c_k – costul specific al condensatoarelor ; c_a – costul specific al echipamentului ; c_i – costul specific al bateriei de condensatoare ; $e_k = \frac{c_a}{c_k}$ 100 – indice economic al echipamentului ; q – puterea treptei bateriei comutabile.

În figura 11 este sintetizată variația valorilor indicilor de cost definiți în relațiile (1), (2) și (4), în raport cu puterea nominală Q_k și specificul bateriilor de condensatoare formate din elemente tipizate. Pentru joasă tensiune s-au ales puterile nominale : $Q_k = 60$, 120, 180 kVAr (pentru treapta de 15 kVAr) și $Q_k = 120$, 240, 360 kVAr (pentru treapta de 30 kVAr), iar pentru medie tensiune : $Q_k = 180$, 360 și 540 kVAr.

Simplificarea diagramei a cerut eliminarea indicelui c_i, care prezintă aceeași alură ca c_a. De altfel, valoarea lui se poate obține foarte ușor din relația (3), datorită invarianței indicelui c_k. Scara aleasă pentru indicele e_k a dus la curbe identice pentru e_k și c_a.

Din figura 16 rezultă, în general, că o dată cu creșterea puterii bateriei de condensatoare scad valorile indicilor e_k, c_a și c_i, adică scade costul specific al echipamentului.

La joasă tensiune, indicii de cost cu valorile cele mai ridicate apar la bateriile comutabile cu cele mai mici puteri pe treaptă ($q = 15$ kVAr). Deosebirea sensibilă față de indicii bateriilor comutabile cu puteri de 30 kVAr pe treaptă se datorește faptului că în lipsa unui contactor adecvat, fabricat în țară, pentru treapta de 15 kVAr, s-a luat în considerare un contactor de putere mai mare și deci mai scump, indicat pentru treapta de 30 kVAr. Pentru aceeași putere pe treaptă, bateriile de tip divizibil prezintă indicii de cost cei mai ridicați, valori mai scăzute fiind date de indicii bateriilor compacte, respectiv de indicii bateriilor modernizate cu tablouri de comandă-tip. Bateriile fixe (necomutabile), fiind lipsite de echipament complex, au indicii cei mai scăzuți.

La medie tensiune (6 kV), bateriile instalate în cabine pentru exterior prezintă indici de cost mai ridicați decît cele instalate în celulele postului de transformare al consumatorului. Se observă că indicii de cost ai bateriilor de medie tensiune au valori mai scăzute decît cei ai bateriilor de joasă tensiune cu trepte de putere mică (15 kVAr). La puteri nominale mai mari decît 300 kVAr, costul specific al bateriilor de medie tensiune este sub cel al bateriilor de joasă tensiune.

Considerațiile economice privind costul diverselor forme constructive ale echipamentului de compensare cu baterii de condensatoare au un rol informativ și documentar, alegerea tipului de baterie pentru un caz concret fiind determinată numai de concluziile studiului tehnico-economic întocmit pentru cazul dat.

Concluzii

În vederea asigurării unei eficacități tehnico-economice optime a bateriilor de condensatoare pentru compensarea factorului de putere în rețelele sistemului nostru energetic nu este indicată asimilarea, în mod mecanic, a unui echipament străin. Dat fiind marea varietate a caracteristicilor principale ale bateriilor de condensatoare cerute de consumatori, se impune tipizarea echipamentului. Astfel devine posibilă fabricarea rațională, în serie, a elementelor echipamentului.

Caracteristicile principale ale echipamentului tipizat au rezultat dintr-un studiu tehnico-economic care a ținut seamă de specificul sistemului nostru energetic și de nivelul tehnic în acest domeniu. Elaborarea formelor constructive pentru elementele tipizate s-a bazat pe seriile de condensatoare de forță și de aparatură, fabricate în țară.

Bateriile de condensatoare cu elemente tipizate asigură, la nivelul tehnicii mondiale, compensarea optimă a factorului de putere în rețelele de joasă și medie tensiune din R.P.R. În lucrarea de față s-au prezentat formele constructive corespunzătoare utilizărilor cu ponderea cea mai mare în exploatare și care se pot asimila de industria noastră electrotehnică. Pentru alte domenii de utilizare se va putea studia o variantă a acestei tipizări, în măsura în care acest lucru are o justificare tehnico-economică.

Bibliografie

[1] *Lehmaus, F.* Établissement du plan et exploitation des grandes batteries de condensateurs. CIGRÉ, 1958, tom. II, Rap. 140.

[2] *Constantinescu, E.* și *Groza, L.* Lucrările celei de-a 19-a sesiuni a Conferinței Internaționale a Marilor Rețele Electrice (CIGRÉ). In : Energetica, **11**, nr. 3, 1963.

[3] *Venikov, V. A.* Vlianie ulucișenia coefițienta mocinost negruzki na ce ustoicivosti. In : Elektricestvo, nr. 6, 1960, p. 6—9.

[4] *Madjar, L.* Factorul de putere cos φ. Importanța, efectul și îmbunătățirea lui (trad. din l. germană). București, I.D.T., 1955.
[5] *Raabe, H.* Neuzeitliche Nieder und Hochspannungsschaltschränke für Kondensatorregelanlangen. In: AEG-Mitteilungen, **49**, nr. 6—7, 1959, p. 312—316.
[6] *Raabe, H.* Fabrikfertige, gekapselte Kondensatorregelanlagen für Niederspannung. In: AEG-Mitteilungen, **51**, nr. 3—4, p. 87—91.
[7] *Gaussens, M. R.* La production de l'énergie réactive à l'aide des condensateurs sur les réseaux de distribution. In: Bull. SFE **107**, nov 1959, p. 686—698.
[8] *Hennebert, M.* și *Grattery, M. J.* La réalisation pratique d'une cabine de condensateurs. In: Bull. SFE **107**, nov 1959, p. 693—697.
[9] M.E.E.I.E. — D.G.T. Reducerea pierderilor de putere și de energie electrică activă într-un sistem electric, datorită compensării puterii reactive. Instrucțiunea nr. 58—55, București, EES, 1955.
[10] *Bercu, A.* Seria unitară de condensatoare de forță de joasă și medie tensiune. In: Electrotehnica **10**, nr. 10, 1962, p. 383 — 390.

Intrat în redacție la 5.III.1964

Simetrizarea rețelelor electrice ca o problemă de valori proprii

Aurel Rothman* — București

CZ 621.3.016.313

Simetria reprezintă o proprietate matematică ce permite să se reducă domeniul necunoscutelor. Ea permite stabilirea unei corespondențe izomorfice care duce la simplificarea calculelor analitice. Dacă mai multe domenii sînt simetrice în raport cu o clasă de proprietăți, studiul diferitelor aspecte ale acestei clase de proprietăți se poate limita la unul din domenii și rezultatele obținute pot fi imediat extinse la toate domeniile simetrice. Pe baza acestor proprietăți, rețeaua trifazată,simetrică poate fi tratată ca o rețea monofazată, datorită simetriei fiecărei faze în parte. Pentru a ține seamă de influența celorlalte faze este necesar să se determine o rețea monofazată echivalentă ale cărei constante electrice să includă contribuția fiecărei faze în parte.

Aplicată la o rețea nesimetrică, simetrizarea duce la definirea a trei rețele simetrice echivalente, denumite respectiv rețele în componente (coordonate) de simetrizare.

Calculul prin metoda componentelor simetrice a fost descoperit de Stokvis și Fortescue [1] și a fost dezvoltat la nivelul unor aplicații inginerești multiple în cartea clasică a lui F. C. Wanger și R. D. Evans [2], cum și în lucrările lui E. Clarke [3], [4], care a introdus de altfel componentele simetrice modificate cunoscute sub numele de componente α, β și 0. Modalitățile multiple de aplicare au fost arătate de V. W. Lyon [5], de G. W. Stubbings [6], de R. Neumann [7], de Oberdorfer [8], de F. C. Wanger [9] și mai recent de S.A. Ulianov [10], N. N. Scedrin [11], A. B. Cernin [12], H. Titze [13], J. R. Mortlock [14], I. Racz [15], Z. Skorzynski [16], P. Geszti [17]. În mod special trebuie menționate, de asemenea: lucrarea lui S. E. Hobson și D. L. Whitehead [18], lucrarea sintetică a lui H. Schulze [19], însoțită de o bibliografie conținînd 62 referințe, precum și tratatele recente ale lui A. Hochrainer [20] și G. O. Calabrese [21]. În domeniul componentelor simetrice apar periodic în reviste articole introductive [22], menite a lărgi cunoașterea analitică a acestor componente sau a metodelor grafice de determinare a lor [23], [24] și [25].

Lucrări importante, apărute în ultimul timp [26], [27] și [28], în special tratatul recent al K. P. Kovács din R.P.U. [28] se ocupă de aplicarea modernă a componentelor simetrice la studiul mașinilor electrice.

Punctul de vedere modern privind componentele de simetrizare

Într-o rețea electrică trifazată, mărimile pe fază ale curenților și tensiunilor pot fi considerate drept componentele a doi vectori $\boldsymbol{I}$ și $\boldsymbol{U}$ ai unui spațiu vectorial cu trei dimensiuni [29].

Legătura dintre vectorul $\boldsymbol{U}$ și $\boldsymbol{I}$, impusă de structura geometrică și fizică (mărimile atașate fiecărei ramuri) a rețelei, poate fi definită sub forma unui operator de transformare, permițînd să se treacă de la vectorul $\boldsymbol{I}$ la vectorul $\boldsymbol{U}$, conform relației matriciale:

$$\boldsymbol{U} = 3\,\boldsymbol{I}. \qquad (1)$$

Kron [30] și Roth [31] au arătat că, din punct de vedere matematic, aceste transformări pot fi legate de omologiile și coomologiile unui anumit complex topologic și transformărilor respective li se poate asocia o diagramă algebrică.

În relația (1), vectorul $\boldsymbol{U}$ are componentele U_a, U_b, U_c; vectorul $\boldsymbol{I}$ are componentele I_a, I_b, I_c, iar operatorul 3 este reprezentat în

* *A. Rothman* este inginer proiectant la I.S.P.E.

spațiul vectorial respectiv printr-o matrice pătrată.

$$\boldsymbol{Z} = \begin{bmatrix} Z_{aa} & Z_{ab} & Z_{ac} \\ Z_{ba} & Z_{bb} & Z_{bc} \\ Z_{ca} & Z_{cb} & Z_{cc} \end{bmatrix}. \qquad (2)$$

Matricea (2) arată că diversele faze a, b și c nu sînt disjuncte, ci ele prezintă legături mutuale date de impedanțele Z_{ab}, Z_{ac} etc.

Pentru o rețea trifazată* simetrică, forma generală a matricei $\boldsymbol{Z}$ este o matrice circulantă, adică o matrice cu rînduri care prezintă o permutare circulară a primului rînd avînd forma:

$$\boldsymbol{Z} = \begin{bmatrix} Z & M & N \\ N & Z & M \\ M & N & Z \end{bmatrix}. \qquad (3)$$

Elementele cele mai complexe ale rețelelor care au piese în mișcare, adică mașinile electrice, prezintă matrice de forma (3). Receptoarele statice, în virtutea simetriei la dreapta și la stînga, au impedanțe mutuale egale $M = N$.

Pentru un receptor static, matricea (3) capătă forma (4);

$$\boldsymbol{Z} = \begin{bmatrix} Z & M & M \\ M & Z & M \\ M & M & Z \end{bmatrix}. \qquad (4)$$

Metodele de simetrizare reprezintă transformările liniare ale vectorilor $\boldsymbol{U}$ și $\boldsymbol{I}$ din spațiul vectorial, care aduc matricea $\boldsymbol{Z}$ la formă diagonală. Cu alte cuvinte, operatorul $\mathfrak{z}$ este reprezentat în sistemul de componente simetrice sub forma cea mai simplă, adică sub forma unei matrice reduse (canonice).

Pentru matricea (4), forma diagonală se poate obține rezolvînd ecuația caracteristică (5) în funcție de λ:

$$P(\lambda) = \begin{bmatrix} Z-\lambda & M & M \\ M & Z-\lambda & M \\ M & M & Z-\lambda \end{bmatrix} = 0 \quad \text{sau}$$

$$P(\lambda) = \lambda^3 - 3Z\lambda^2 + 3(Z-M)\cdot(Z+M)\cdot\lambda - (Z-M)^2(Z+2M) = 0. \qquad (5)$$

Ecuația (5) se poate pune sub forma:

$$P(\lambda) = [\lambda-(Z-M)]^2\cdot[\lambda-(Z+2M)],$$

adică $\lambda_1 = Z + 2M$; $\lambda_{2,3} = Z - M$. (6)

* Se poate foarte simplu generaliza pentru o rețea polifazată.

Aceasta arată că matricea (4) poate fi diagonalizată sub forma:

$$\begin{bmatrix} Z+2M & 0 & 0 \\ 0 & Z-M & 0 \\ 0 & 0 & Z-M \end{bmatrix} \qquad (7)$$

În aceste condiții, relația (1) dintre noile componente U_0, U_1, U_2 ale vectorului $\boldsymbol{U}$ și noile componente I_0, I_1, I_2 ale vectorului $\boldsymbol{I}$ poate fi scrisă astfel:

$$\begin{bmatrix} U_0 \\ U_1 \\ U_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z+2M & 0 & 0 \\ 0 & Z-M & 0 \\ 0 & 0 & Z-M \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} \qquad (8)$$

sau

$$\begin{aligned} U_0 &= (Z+2M)\,I_0 \\ U_1 &= (Z-M)\,I_1 \\ U_2 &= (Z-M)\,I_2 \end{aligned} \qquad (9)$$

Dacă se pornește de la matricea (3), polinomul caracteristic are forma:

$$P(\lambda) = \lambda^3 - 3Z\lambda^2 + 3(Z^2 - MN)\lambda - Z^3 - N^3 - M^3 + 3MNZ = \lambda^3 - 3Z\lambda^2 + 3(Z^2 - MN)\lambda - (Z+M+N)(Z+a^2M+aN)\cdot(Z+aM+a^2N) = 0, \qquad (10)$$

care se poate pune și sub forma:

$$P(\lambda) = [\lambda - (Z+M+N)]\,[\lambda - (Z+a^2M + aN)]\,[\lambda - (Z+aM+a^2N)] = 0,$$

unde $a = e^{j\frac{2\pi}{3}}$.

Rezultă că matricea (3) poate fi diagonalizată sub forma:

$$\begin{bmatrix} Z+M+N & 0 & 0 \\ 0 & Z+a^2M+aN & 0 \\ 0 & 0 & Z+aM+a^2N \end{bmatrix} \cdot \qquad (12)$$

Se observă, dat fiind relația $a + a^2 + 1 = 0$, că matricea (12) se reduce la forma (7) cînd $M = N$

De asemenea, în mod similar cu (9), componentele vectorului tensiune sînt legate de componentele vectorului curent prin relațiile:

$$\begin{bmatrix} U_0 \\ U_1 \\ U_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z+M+N & 0 & 0 \\ 0 & Z+a^2M+aN & 0 \\ 0 & 0 & Z+aM+a^2N \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}. \qquad (13)$$

Impedanțele care intervin în expresiile (7) și (12) se numesc impedanțe ciclice ale receptorului static, respectiv ale mașinii turnante.

În speță, impedanța $Z + 2M$, respectiv $Z + M + N$, se numește impedanță ciclică homopolară, impedanța $Z - M$, respectiv $Z + a^2M + aN$, se numește impedanță ciclică

directă, iar impedanța $Z - M$, respectiv $Z + aM + a^2 N$, se numește impedanță ciclică inversă.

Considerînd pe rînd cele trei rădăcini date de polinomul (11) se obțin relațiile :

$$\begin{bmatrix} Z-(Z+M+N) & M & N \\ N & Z-(Z+M+N) & M \\ M & N & Z-(Z+M+N) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{0a} \\ I_{0b} \\ I_{0c} \end{bmatrix} = 0 ;$$

$$\begin{bmatrix} Z-(Z+a^2M+aN) & M & N \\ N & Z-(Z+a^2M+aN) & M \\ M & N & Z-(Z+a^2M+aN) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{1a} \\ I_{1b} \\ I_{1c} \end{bmatrix} = 0 ; \quad (15)$$

$$\begin{bmatrix} Z-(Z+aM+a^2N) & M & N \\ N & Z-(Z+aM+a^2N) & M \\ M & N & Z-(Z+aM+a^2N) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{2a} \\ I_{2b} \\ I_{2c} \end{bmatrix} = 0.$$

Impedanțele ciclice de diverse secvențe sînt cele utilizate în calcul prin metoda componentelor simetrice, iar impedanțele proprii Z și mutuale M și N permit calculul direct utilizînd mărimile pe fază [32].

Prin transformarea suferită de operatorul $\mathfrak{z}$ și, implicit, de vectorii $\boldsymbol{U}$, $\boldsymbol{I}$, spațiul vectorial cu trei dimensiuni apare ca și cum ar fi compus din trei spații vectoriale cu o dimensiune, complementare disjuncte (fără legături mutuale-părți comune).

Trebuie reținut faptul că în transformarea suferită de matricea (2) de la forma inițială (3) sau (4) la forma redusă (12) sau (7), atît componentele I_a, I_b, I_c ale vectorului curent $\boldsymbol{I}$, cît și componentele U_a, U_b, U_c ale vectorului tensiune $\boldsymbol{U}$, au suferit o transformare la noi componente notate respectiv cu I_0, I_1, I_2 și U_0, U_1, U_2.

Cu alte cuvinte, reducerea la forma diagonală s-a realizat obținînd valorile caracteristice sau valorile proprii ale matricei operatorului $\mathfrak{z}$. Aceste valori sînt rădăcinile polinomului caracteristic $P(\lambda)$. Sistemul nou de coordonate ales se bazează pe trei vectori care alcătuiesc soluțiile proprii ale vectorilor ($\boldsymbol{U}$ și $\boldsymbol{I}$) considerați.

Pentru a determina vectorii — soluții proprii — se utilizează relația matricială de definiție a valorilor caracteristice :

$$Z \cdot \boldsymbol{I} = \lambda \cdot \boldsymbol{I} \text{ sau } [Z - \lambda] \cdot \boldsymbol{I} = 0. \quad (14)$$

În această relație $[Z - \lambda]$ reprezintă matricea a cărui determinant este (5).

Dacă se iau în considerare fiecare dintre cele trei valori caracteristice (rădăcini ale polinomului $P(\lambda)$) se obțin toate cele 3×3 componente ale celor trei vectori, soluții proprii care au fost notați : I_0, I_1 și I_2.

Rezolvarea sistemelor de ecuații liniare (15) duce la următoarele relații :

$$\begin{aligned} I_{0a} &= I_{0b} = I_{0c} \\ I_{1a} &= a^{-2} I_{1b} = a^{-1} I_{1c} \\ I_{2a} &= a^{-1} I_{2b} = a^{-2} I_{2c}, \end{aligned} \quad (16)$$

adică, altfel scris :

noile axe \ vechile axe	a	b	c
0	1	1	1
1	1	a^2	a
2	1	a	a^2

Relațiile (16) arată că noii vectori I_0, I_1, I_2 sînt legați de vectorii vechi I_a, I_b, I_c prin următoarea transformare :

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}. \quad (17)$$

Expresiile generale ale matricelor de simetrizare

Se presupune, în cazul general, că vectorul curent $\boldsymbol{I}$ suferă o transformare liniară definită de o matrice nesingulară $\boldsymbol{B}$, iar covectorul tensiune $\boldsymbol{U}$ o transformare definită de o matrice nesingulară $\boldsymbol{A}$, adică :

$$\begin{aligned} \boldsymbol{U}_T &= \boldsymbol{AU} ; \\ \boldsymbol{I}_T &= \boldsymbol{BI}. \end{aligned} \quad (18)$$

Legea lui Ohm arată că covectorul tensiune reprezintă o funcțiune liniară a vectorului curent fiind reprezentabil într-un spațiu dual, relația dintre ele fiind :

$$\boldsymbol{U} = \boldsymbol{ZI}, \quad (19)$$

unde matricea $\boldsymbol{Z}$ este un operator aparținînd corpului numerelor complexe. Se admite că relația similară transformată este $\boldsymbol{U}_T = \boldsymbol{Z}_T \boldsymbol{I}_T$. Din (19) rezultă evident relația matricială :

$$\begin{aligned} \boldsymbol{AU} &= \boldsymbol{AZB}^{-1} \boldsymbol{BI} \\ \text{și deci} \quad \boldsymbol{Z}_T &= \boldsymbol{AZB}^{-1} \\ \text{sau} \quad \boldsymbol{Z} &= \boldsymbol{A}^{-1} \boldsymbol{Z}_T \boldsymbol{B}. \end{aligned} \quad (20)$$

Problema care se pune este de a determina forma generală a matricelor A și B, care diagonalizează matricea Z. Przyluski a găsit o rezolvare foarte interesantă pentru această problemă [33].

Forma generală a matricelor A și B este:

$$\begin{aligned} A &= l k^n P k^m \\ B &= e k^n P k^m \end{aligned} \quad \begin{matrix} n = 1, 2, 3 \\ m = 1, 2, 3, \end{matrix} \tag{21}$$

unde:

— l și e sînt matrice diagonale oarecare;

— k are matricele:

$$k = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}; \quad k^2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix};$$

$$k^3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = E; \; k = k^{-2}, \; k^2 = k^{-1} = k_t;$$

— iar matricea P are forma

$$P = S = \frac{1}{3} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \tag{21a}$$

în cazul matricelor Z de forma (3)

$$P = \frac{1}{3} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & s-(1+s) & \\ 1 & t-(1+t) & \end{bmatrix} \tag{21b}$$

în cazul matricelor Z de forma (4)

$s \neq t$ — numere complexe.

Przyluski demonstrează, de asemenea, că pentru diagonalizarea impedanței trebuie ca între matricele A și B să existe relația $A = lB$ unde l este o matrice diagonală. De aci rezultă că este suficient să se caute o expresie de forma $A Z A^{-1} = Z_p$, care să fie diagonală, deoarece dacă această condiție este realizată, și $Z_p = Z_p' l$ va fi diagonală.

Concluzia importantă a rezultatelor de mai sus este următoarea: o matrice circulantă de forma (3), așa cum apare pentru mașini, nu poate fi diagonalizată decît prin transformarea lui Fortescue, cunoscută sub numele de transformare în componente simetrice [1].

În ceea ce privește matricea unui element static, care este de forma (4), există o infinitate de transformări care o diagonalizează (matricea P din formula 21 b).

În particular, pentru cazul $s = a$, $t = a^2$ se obține, de asemenea, transformarea Fortescue.

Pentru cazul $s = -2$, $t = 0$ se obține transformarea Clarke-Kimbark [3], [4], [34], [35], [36] (anexa I — 1 și 2).

Calvaer a studiat în mod detaliat coordonatele Clarke, cunoscute sub numele de α, β, 0 [36] și coordonatele Kimbark, cunoscute sub numele de pozitiv plus, pozitiv minus și negativ sau coordonate S, D, Z [37].

Transformarea Fortescue matricea (16) și Clarke matricea (I 1) utilizează același operator de transformare pentru tensiuni și curenți. Transformarea Kimbark utilizează operatori de transformare diferiți, și anume matricele (I 2).

Transformările indicate mai sus corespund trecerii de la sistemul de referință trifazat la sistemul de simetrizare.

Pentru trecerea de la sistemul de simetrizare Kimbark la sistemul de simetrizare Fortescue se folosesc următoarele relații:

$$V_F = G \cdot V_K \quad \text{sau} \quad V_K = G^{-1} \cdot V_F$$

și (22)

$$I_F = H \cdot I_K \quad \text{sau} \quad I_K = H^{-1} \cdot I_F .$$

K componente Kimbark

F componente Fortescue.

Valorile matricelor de transformare sînt date în anexa I (3).

În privința matricei impedanță trecerea ei de la sistemul Fortescue la sistemul Kimbark sau de la sistemul trifazat la sistemul Kimbark se face pe baza formulelor:

$$Z_k = G^{-1} Z_F H, \text{ respectiv } Z_k = A^{-1} Z_T B. \tag{23}$$

Determinarea relației care există între matricea A și B sau G și H se face de Calvaer prin introducerea noțiunii de coerență [38], [39].

Se numește sistem de componente coerent orice sistem cu componente U și I care satisfac următoarele condiții:

1. Rețeaua pasivă determinată de matricea $Z = A^{-1} \cdot Z_T \cdot B$ este realizabilă cu elemente pasive, inclusiv cuplaje antisimetrice [39], oricare ar fi matricea Z_T.

2. Puterea complexă disipată în rețeaua cu matricea Z este proporțională cu cea disipată în rețeaua cu matricea Z_T.

Condiția necesară și suficientă pentru ca perechea de matrice A și B să definească un sistem coerent de componente este să existe următoarea relație (anexa I pt. 4):

$$A^{-1} = k B_t^*,$$

unde: k este un număr real pozitiv sau negativ;

iar B_t^* este transpusa conjugată a matricei B.

Ansamblul sistemelor de componente coerente formează un grup ale cărui componente generale sînt componentele Calvaer ξ, η, ζ. Matricele de transformare a acestor componente Calvaer în raport cu componentele Fortescue se stabilesc ținînd seamă de următoarele două condiții.

1. Componenta ζ este proporțională cu cea homopolară.

2. Matricea impedanțelor unui element pasiv trifazat simetric se reduce la aceeași formă ca $\boldsymbol{Z}_p$, adică la forma diagonală, și nu conține decît două valori numerice distincte.

Notînd $\boldsymbol{U} = \begin{bmatrix} U_\xi \\ U_\eta \\ U_3 \end{bmatrix}$; $I = \begin{bmatrix} I_\xi \\ I_\eta \\ I_3 \end{bmatrix}$ și $\boldsymbol{U}_F = \boldsymbol{K} \cdot \boldsymbol{U}$;

$$\boldsymbol{I}_F = \boldsymbol{L} \cdot I \qquad (25)$$

și ținînd seamă de condițiile de mai sus se obține :

$$L = \begin{bmatrix} n & & \\ & & \\ & & M \end{bmatrix}, \quad K = \begin{bmatrix} \frac{1}{hn^*} & & \\ & & \\ & & \frac{1}{hl^2} M \end{bmatrix}, \text{ iar}$$

$$M = \begin{bmatrix} e^{\alpha+j\beta} & \sqrt{l^2 - e^{2\alpha}} \cdot e^{j(\beta+\theta-\delta+\pi)} \\ \sqrt{l^2 - e^{2\alpha}} e^{j\delta} & e^{\alpha+j\theta} \end{bmatrix} \qquad (26)$$

unde h, l, α, β, δ, θ sînt constante arbitrare, iar n este o mărime complexă arbitrară.

Formulele de transformare permit să se deducă pentru diferite substituții diferitele matrice de transformare la componente Fortescue a diverselor sisteme de simetrizare utilizate azi. Astfel, spre exemplu, pentru cazul componentelor Clarke (α, β, 0) :

$$h = 2; \; l^2 = 1/2; \; n = \frac{1}{2}; \; \alpha = \ln \frac{1}{2};$$

$$\beta = \delta = 0; \; \theta = \frac{3\pi}{2},$$

$$\text{deci } M = \begin{bmatrix} 1/2 & j/2 \\ 1/2 & -j/2 \end{bmatrix}; \qquad (27)$$

pentru cazul componentelor normate Edelmann [40] :

$$h = 3; \; l^2 = \frac{1}{3}; \; n = \frac{1}{\sqrt{3}}; \; \alpha = \frac{1}{2} \ln \frac{1}{6};$$

$$\beta = \delta = 0; \; \theta = \frac{3\pi}{2},$$

deci

$$K = L = \begin{bmatrix} n & & \\ & & \\ & & M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{3}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{j}{\sqrt{6}} \\ 0 & \frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{-j}{\sqrt{6}} \end{bmatrix}. \qquad (28)$$

Sistemul de coordonate de simetrizare al lui Edelmann se caracterizează prin faptul că matricele K și L sînt matrice unitare.

În general, trecerea de la sistemul trifazat la un sistem oarecare se poate efectua folosind rezultatele de mai sus (anexa II).

Sistemul de componente de simetrizare generalizat (0, ξ, η) a fost obținut și de Szendy [41, 42], care folosește rezultatele obținute de Egervary [43] în privința hipermatricelor comutabile. O matrice ale cărei elemente, denumite blocuri, sînt la rîndul lor matrice, se numește o hipermatrice.

Dacă aceste blocuri sînt comutabile, Egervary, generalizînd o teoremă a lui Williamson, arată că produsul direct al hipermatricelor $\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{B}$ (anexa II) are drept rădăcini caracteristice $n \times m$ produse $a_i \, b_j$ ale unei rădăcini caracteristice a hipermatricei $\boldsymbol{A}$ cu una a hipermatricei $\boldsymbol{B}$.

Aplicînd aceste rezultate pentru diagonalizarea impedanței elementelor active și pasive ale rețelelor electrice Szendy se ajunge la o ecuație similară celei obținute în anexa III (3) :

$$\|Z\| = \boldsymbol{L}_0 \times \cdot (\boldsymbol{W}_0 \boldsymbol{W}_0^*) + \frac{1}{2} - (\boldsymbol{L}_1 + \boldsymbol{L}_2) \times \cdot (\boldsymbol{W}_1 \boldsymbol{W}_1^* +$$

$$+ \boldsymbol{W}_2 \boldsymbol{W}_2^*) + \frac{1}{2} - (\boldsymbol{L}_1 - \boldsymbol{L}_2) \times \cdot (\boldsymbol{W}_1 \boldsymbol{W}_1^* - \boldsymbol{W}_2 \boldsymbol{W}_2^*), \qquad (29)$$

unde :

$$\boldsymbol{W}_0 = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad \boldsymbol{W}_1 = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 \\ a \\ a \end{bmatrix} \quad \boldsymbol{W}_2 = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 \\ a \\ a \end{bmatrix}$$

sînt vectorii caracteristici ai matricei ciclice, iar

$$L_k = \begin{bmatrix} l_{11,k} & \dots & l_{1n,k} \\ l_{n1,k} & \dots & l_{nn,k} \end{bmatrix} \text{ cu } l_{ij,k} = 3_{ij,aa} +$$

$$+ 3_{ij,ab} e^{-\frac{jk2\pi}{3}} + 3_{ij,ac} e^{+\frac{jk2\pi}{3}}.$$

Folosind transformarea liniară :

$$\boldsymbol{W}_0 = \boldsymbol{W}_0;$$

$$\boldsymbol{W}_1 = \bar{\xi}_1 \, \boldsymbol{V}_\xi - \xi_2 \, e^{j\gamma} \boldsymbol{V}_\eta;$$

$$\boldsymbol{W}_2 = \bar{\xi}_2 \, \boldsymbol{V}_\xi - \xi_1 \, e^{j\gamma} \boldsymbol{V}_\eta,$$

deci adoptînd noi vectori caracteristici $\boldsymbol{W}_0$, $\boldsymbol{V}_\xi$, $\boldsymbol{V}_\eta$ cu $\boldsymbol{V} = [W_0, V_\xi, V_\eta]$ și aplicînd curenților și tensiunilor transformarea :

$$\boldsymbol{U}_v = \boldsymbol{F}_3^* \times \cdot \boldsymbol{V}^* \, \boldsymbol{U}$$
$$\boldsymbol{i}_v = \boldsymbol{E}_3^* \times \cdot \boldsymbol{V}^* \, \boldsymbol{i},$$

unde $\boldsymbol{E}_3$ este matricea unitară de ordin 3, rezultă, ținînd seama de relația $\boldsymbol{V} \boldsymbol{V}^* = \boldsymbol{E}_3$, formula de transformare a impedanțelor :

$$\boldsymbol{Z}_v = \boldsymbol{E}_n \times \cdot \boldsymbol{V}^* \; \boldsymbol{Z} \; \boldsymbol{E}_n \times \cdot \boldsymbol{V}. \qquad (30)$$

Noii vectori caracteristici pot fi exprimați în funcție de cei vechi prin relația :

$$\begin{bmatrix} V_\xi \\ V_\eta \end{bmatrix} = T \times \cdot \boldsymbol{E}_3 \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \end{bmatrix}, \text{ unde } \boldsymbol{T} = \begin{bmatrix} \xi_1 & \xi_2 \\ \eta_1 & \eta_2 \end{bmatrix} \text{este}$$

matrice de transformare.

Notînd $\xi_1 = \rho_1 e^{j\delta_1}$ și $\xi_2 = \rho_2 \cdot e^{j\delta_2}$ și ținînd seamă de relațiile de ortogonalizare $\xi_1 \bar{\xi}_1 + \xi_2 \cdot \bar{\xi}_2 = 1$, rezultă $\rho_2 = \sqrt{1 - \rho_1^2}$.

Făcînd înlocuirile respective se obține :

$$\boldsymbol{V}_\xi = \frac{1}{\sqrt{3}}\begin{bmatrix} \rho_1 e^{j\delta_1} + \sqrt{1-\rho_1^2}\, e^{j\delta_2} \\ \rho_1 e^{j\left(\delta_1-\frac{2\pi}{3}\right)} + \sqrt{1-\rho_1^2}\, e^{j\left(\delta_2+\frac{2\pi}{3}\right)} \\ \rho_1 e^{j\left(\delta_1+\frac{2\pi}{3}\right)} + \sqrt{1-\rho_1^2}\, e^{j\left(\delta_2-\frac{2\pi}{3}\right)} \end{bmatrix}; \quad \boldsymbol{V}_\eta = \frac{-e^{j\gamma}}{\sqrt{3}}\begin{bmatrix} \sqrt{1-\rho_1^2}\, e^{-j\delta_2} - \rho_1 e^{-j\delta_1} \\ \sqrt{1-\rho_1^2}\, e^{-j\left(\delta_2+\frac{2\pi}{3}\right)} - \rho_1 e^{-j\left(\delta_1-\frac{2\pi}{3}\right)} \\ \sqrt{1-\rho_1^2}\, e^{-j\left(\delta_2-\frac{2\pi}{3}\right)} - \rho_1 e^{-j\left(\delta_1+\frac{2\pi}{3}\right)} \end{bmatrix}, \tag{31}$$

iar hipermatricea $\boldsymbol{Z}_v = \|3_{ij}\|$ are blocurile :

$$3_{ij} = \begin{bmatrix} \overbrace{l_{ij,a}}^{1\text{ el}} & \overbrace{\quad\quad}^{2\text{ el}} \\ \hline \\ & \Pi_{ij} \end{bmatrix}, \text{ unde } \Pi_{ij} = \begin{vmatrix} \rho_1^2 l_{ij,1} + (1-\rho_1^2)\, l_{ij,2} & -\rho_1\sqrt{1-\rho_1^2}\, e^{j(\gamma-\delta_1-\delta_2)} \cdot (l_{ij,1} - l_{ij,2}) \\ \rho_1\sqrt{1-\rho_1^2}\, e^{-j(\gamma-\delta_1-\delta_2)} \cdot (l_{ij,1} + l_{ij,2}) & (1-\rho_1^2)\, l_{ij,1} + \rho_1^2 l_{ij,2} \end{vmatrix}. \tag{32}$$

Aceste relații permit să se determine diferitele sisteme de componente de simetrizare, fiind suficient să se particularizeze valorile parametrilor așa cum se arată în tabela 1.

Tabela 1

Comparația diferitelor componente de simetrizare **(După Szendy Ch/42)**

Numele și simbolul compomentelor de simetrizare	Simboluri conform ecuației (31)				Vectori proprii (caracteristici) ecuației (31)		Matricea π_{ij}, conform ecuației (32) pentru elemente active
	ρ_1	δ_1	δ_2	γ	V_ξ	V_η	
Simetrice generalizate (0,1δ, 2δ	1	δ		0	$\frac{1}{\sqrt{3}}\begin{bmatrix} e^{j\delta} \\ e^{j\left(\delta-\frac{2\pi}{3}\right)} \\ e^{j\left(\delta+\frac{2\pi}{3}\right)} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{3}}\begin{bmatrix} e^{-j\delta} \\ e^{-j\left(\delta-\frac{2\pi}{3}\right)} \\ e^{-j\left(\delta-\frac{2\pi}{3}\right)} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} l_{ij,1} & 0 \\ 0 & l_{ij,2} \end{bmatrix}$
Simetrice (0,1,2)	1	0		0	$\frac{1}{\sqrt{3}}\begin{bmatrix} 1 \\ \bar{a} \\ a \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{3}}\begin{bmatrix} 1 \\ a \\ \bar{a} \end{bmatrix}$	
0, x, y	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	δ	−δ	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{2}{\sqrt{6}}\begin{bmatrix} \cos\delta \\ \cos\left(\delta-\frac{2\pi}{3}\right) \\ \cos\left(\delta+\frac{2\pi}{3}\right) \end{bmatrix}$	$\frac{2}{\sqrt{6}}\begin{bmatrix} \sin\delta \\ \sin\left(\delta-\frac{2\pi}{3}\right) \\ \sin\left(\delta+\frac{2\pi}{3}\right) \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2}\begin{bmatrix} a & b \\ b & a \end{bmatrix}$
Clarke (0, α., β)	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	0	0	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{2}{\sqrt{6}}\begin{bmatrix} 1 \\ -\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} \end{bmatrix}$	$\frac{2}{\sqrt{6}}\begin{bmatrix} 0 \\ -\frac{\sqrt{3}}{2} \\ +\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix}$	$a = l_{ij,1} + l_{ij,2}$ $b = l_{ij,1} - l_{ij,2}$
0, x, iy	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	δ	−δ	π	$\frac{2}{\sqrt{6}}\begin{bmatrix} \cos\delta \\ \cos\left(\delta-\frac{2\pi}{3}\right) \\ \cos\left(\delta+\frac{2\pi}{3}\right) \end{bmatrix}$	$\frac{2j}{\sqrt{6}}\begin{bmatrix} \sin\delta \\ \sin\left(\delta-\frac{2\pi}{3}\right) \\ \sin\left(\delta+\frac{2\pi}{3}\right) \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2}\begin{bmatrix} a & b \\ b & a \end{bmatrix}$
KIMBARK POZITIV PLUS + NEGATIV POZITIV MINUS — NEGATIV (0, +, —)	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	0	0	π	$\frac{2}{\sqrt{6}}\begin{bmatrix} 1 \\ -\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} \end{bmatrix}$	$\frac{2j}{\sqrt{6}}\begin{bmatrix} 0 \\ -\frac{\sqrt{3}}{2} \\ +\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix}$	$a = l_{ij,1} + l_{ij,2}$ $b = l_{ij,1} - l_{ij,2}$

Relațiile stabilite de Szendy demonstrează că hipermatricea impedanțelor poate fi determinată ca o sumă a matricelor formate cu valorile proprii ale diferitelor blocuri și a produselor directe ale diodelor formate din vectorii proprii. Pentru elemente pasive numai unul dintre vectorii proprii este fixat, ceilalți doi putînd fi variați arbitrar cu condiția menținerii ortogonalității între ei. Pentru elemente active, sistemul transformat de componente 0, ξ, η nu are decît două componente independente, între componentele ξ și η existînd o acțiune mutuală care nu dispare decît în cazul componentelor simetrice. Rezultatele lui Szendy [41] reprezintă o extindere a metodei lui Calvaer și au fost reobținute de acesta din urmă în [37].

Este interesant de menționat că metoda lui Egervary a fost extinsă de Lovass-Nagy și Szendy la diferite probleme ale electrotehnicii [44]—[47].

Față de Przyluski [33], care în lucrarea sa folosește un spațiu vectorial afin, adică lipsit de metrică, Calvaer și Szendy introduc cerința ca produsul scalar sau cel interior al vectorilor $\boldsymbol{U}$ și $\boldsymbol{I}$ să fie invariante, adică puterea complexă sau cea fluctuantă să rămînă invariante. Aceste două cerințe corespund respectiv unor spații vectoriale unitare sau ortogonale.

F. Raymond [29], [48] a arătat că se poate folosi gradul de nedeterminare care apare datorită existenței unor rădăcini multiple ale polinomului caracteristic în cazul rețelelor polifazate, pentru a impune transformării condiția de a fi în același timp unitară și ortogonală. Componentele astfel determinate au fost denumite cvasisimetrice.

Concluzii

Transformarea vectorilor tensiune și curent de la sistemul trifazat la un sistem coerent oarecare poate fi privită ca o problemă de diagonalizare a operatorului z care, în cazul general (mașini rotative plus rețele statice), se prezintă sub forma unei matrice circulante.

Problema determinării diferitelor sisteme de simetrizare se reduce deci la o problemă de determinare a valorilor proprii ale operatorului z, adică o problemă de descompunere spectrală.

În cazul mașinilor electrice — matrice de forma (3) —, diagonalizarea nu poate fi obținută decît prin transformarea Fortescue.

În cazul receptoarelor statice există o infinitate de transformări care oferă o soluție la problema diagonalizării. În acest articol s-au trecut în revistă principalele transformări utilizate pînă în prezent.

Oportunitatea utilizării diferitelor sisteme de simetrizare depinde de natura particulară a problemei care se pune și de modul cum intervin mașinile și receptoarele nesimetrice pentru că în cazul general acestea introduc, oricare ar fi transformarea utilizată, anumite cuplaje antisimetrice. Aceasta înseamnă că anumite elemente nesimetrice ale rețelei nu pot fi diagonalizate sau chiar pierd diagonalizarea în procesul de transformare a vectorilor tensiune și curent.

ANEXA I.

1. *Pentru transformarea Clarke* (componente α, β,0) prin aplicarea formulelor (21b), pentru receptoare statice, se obține:

$$\boldsymbol{A} = \boldsymbol{B} = \lambda \cdot \boldsymbol{P} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -\sqrt{3} \end{bmatrix} \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ \frac{-1}{3} & \frac{2}{3} & \frac{-1}{3} \\ \frac{-1}{\sqrt{3}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{3}} \end{bmatrix} \qquad (11)$$

2. *Pentru transformarea Kimbark* (componente S,D,Z):

$$\boldsymbol{A} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & \sqrt{3} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} [\boldsymbol{K}]^2 \cdot \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \boldsymbol{K} =$$

$$= \begin{bmatrix} \frac{2}{3} & \frac{-1}{3} & \frac{-1}{3} \\ 0 & \frac{-1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{3}} \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \end{bmatrix}; \qquad (12)$$

$$\boldsymbol{B} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & \sqrt{3} & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix} \boldsymbol{K}^2 \cdot \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \boldsymbol{K} =$$

$$= \begin{bmatrix} \frac{2}{3} & \frac{-1}{3} & \frac{-1}{3} \\ 0 & \frac{-1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{3}} \\ \frac{2}{3} & \frac{2}{3} & \frac{2}{3} \end{bmatrix}.$$

3. *Matricele de transformare de la componente Kimbark la componente Fortescue (simetrice)*:

$$G=\begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & 1/2 & j/2\\ 0 & 1/2 & -j/2\end{bmatrix};\quad G^{-1}=\begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & 1 & 1\\ 0 & -j & +j\end{bmatrix};\quad H=\begin{bmatrix}1/2 & 0 & 0\\ 0 & 1/2 & j/2\\ 0 & 1/2 & -j/2\end{bmatrix};$$

$$H^{-1}=\begin{bmatrix}2 & 0 & 0\\ 0 & 1 & 1\\ 0 & -j & +j\end{bmatrix}.$$

4. *Condițiile necesare a fi îndeplinite în transformarea unor sisteme coerente*:

Fie $U_1 = A\cdot U \quad I_1 = BI$ deci $I_l^* = I_l^* B_l^*$.

Să punem condiția:

$$I_l^* \cdot U = kI_{1l}^* \cdot U_1 = kI_l^* B_l^* AU.$$

Rezultă că matricele A și B satisfac relația:

$$k \cdot B_l^* A = 1 \quad \text{sau} \quad A^{-1} = k \cdot B_l^*.$$

ANEXA II

Expresia analitică generală a matricelor de transformare A și B pentru trecerea de la un sistem trifazat la un sistem practic coerent oarecare(deci pentru a avea $U_T = AU$ și $I_T = BI$) se poate stabili ținînd seamă de rezultatele obținute pentru transformarea la componente Fortescue (formulele 26) și de faptul că diferitele transformări formează un grup, deci $A = C_F \cdot K$, iar $B = C_F \cdot L$,

unde

$C_F = \begin{bmatrix}1 & 1 & 1\\ 1 & a^2 & a\\ 1 & a & a^2\end{bmatrix}$ este matricea corespunzătoare transformării Fortescue $U_T = C_F \cdot U_F$ și $I_T = C_F\, I_F$.

Folosind expresiile (26) ale matricelor K și L se obține:

$$B=\begin{bmatrix} n & e^{\alpha+j\beta}+\sqrt{l^2-e^{2\alpha}}\cdot e^{j\delta} & \sqrt{l^2-e^{2\alpha}}\cdot e^{j(\beta+\theta-\delta+\pi)}+e^{\alpha+j\theta}\\ n & e^{\alpha+j\left(\beta+\frac{2\pi}{3}\right)}+\sqrt{l^2-e^{2\alpha}}\cdot e^{j\left(\delta+\frac{2\pi}{3}\right)} & \sqrt{l^2-e^{2\alpha}}\cdot e^{j\left(\beta+\theta-\delta+\frac{\pi}{3}\right)}+e^{\alpha+j\left(\theta+\frac{2\pi}{3}\right)}\\ n & e^{\alpha+j\left(\beta+\frac{2\pi}{3}\right)}+\sqrt{l^2-e^{2\alpha}}\cdot e^{j\left(\delta+\frac{4\pi}{3}\right)} & \sqrt{l^2-e^{2\alpha}}\cdot e^{j\left(\beta+\theta-\delta+\frac{5\pi}{3}\right)}+e^{\alpha+j\left(\theta+\frac{4\pi}{3}\right)}\end{bmatrix};$$

(II 1)

$$A=\begin{bmatrix}\frac{l^2}{n^*}e^{\alpha+j\beta}+\sqrt{l^2-e^{2\alpha}}\cdot e^{j\delta}\\ \frac{l^2}{n^*}e^{\alpha+j\left(\beta+\frac{4\pi}{3}\right)}+\sqrt{l^2-e^{2\alpha}}\cdot e^{j\left(\delta+\frac{2\pi}{3}\right)}\\ \frac{l^2}{n^*}e^{\alpha+j\left(\beta+\frac{2\pi}{3}\right)}+\sqrt{l^2-e^{2\alpha}}\cdot e^{j\left(\delta+\frac{4\pi}{3}\right)}\end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix}\sqrt{l^2-e^{2\alpha}}\cdot e^{j(\beta+\theta-\delta+\pi)}+e^{\alpha+j\theta}\\ \sqrt{l^2-e^{2\alpha}}\cdot e^{j\left(\beta+\theta-\delta+\frac{\pi}{3}\right)}+e^{\alpha+j\left(\theta+\frac{2\pi}{3}\right)}\\ \sqrt{l^2-e^{2\alpha}}\cdot e^{j\left(\beta+\theta-\delta+\frac{5\pi}{3}\right)}+e^{\alpha+j\left(\theta+\frac{4\pi}{3}\right)}\end{bmatrix},$$

unde: n este număr real; $\frac{l^2}{n}=1$; $l^2 > e^2$ și α, β, δ, θ, l-parametri.

Pentru: $l^2=\frac{1}{2}$; $n=\frac{1}{2}$; $\alpha=\ln\frac{1}{2}$; $\beta=\varphi$; $\delta=-\varphi$; $\theta=-\varphi-\frac{\pi}{2}$ se obțin matricele de transformare Park [36], [37].

Pentru cazul particular $\varphi=0$ se obține transformarea Clarke, restul parametrilor avînd aceleași valori ca în transformarea Park.

Pentru cazul în care în plus $\theta=\pi$ avem formulele de transformare Kimbark [36], [37].

Pentru cazul $l^2=1$; $n=1$; $\alpha=\frac{1}{2}\ln\frac{1}{2}$; $\beta=\frac{-\pi}{4}$; $\delta=\frac{\pi}{4}$; $\theta=\frac{-\pi}{4}$, se obțin matricele de transformare Raymond [36], [37].

ANEXA III

Fie hipermatricea $\|Z\| = \begin{Vmatrix} Z_{11}\ldots Z_{1n}\\ \vdots\\ Z_{n1}\quad Z_{nn}\end{Vmatrix}$, avînd drept blocuri $[Z_{ij}]$ matrice ciclice, adică:

$$[Z_{ij}]=\begin{bmatrix}\zeta_{ij,0} & \zeta_{ji,1} & \zeta_{ji,m-1}\\ \zeta_{ij,m-1} & \zeta_{ij,0} & \zeta_{ij,m-2}\\ \zeta_{ij,1} & \zeta_{ij,2} & \zeta_{ij,0}\end{bmatrix}.$$

Aceste matrice ciclice pot fi reduse la următoarea formă canonică folosind produse diodice:

$$[Z_{ij}]=\frac{1}{m}\sum_{k=0}^{m-1} l_{ij,k}\begin{bmatrix}1\\ a_k\\ a_k^{m-1}\end{bmatrix}\left[1,\ a_k,\ \ldots\ a_k^{m-1}\right] \quad \text{(III 1)}$$

unde:

$l_{ij,k}=\zeta_{ij,0}+a_k\,\zeta_{ij,1}+a_k^2\,\zeta_{ij,2}+\ldots+a^{m-1}_k\zeta_{ij,m-1}$ sînt valorile proprii ale matricei $[Z_{ij}]$, iar $a_k=1\frac{2k\pi}{m}j$ $(k=0,1\ldots m-1)$.

Introducînd următoarea notație de produs direct între două matrice:

$$\boldsymbol{A}. \times \boldsymbol{B} = [\boldsymbol{A}\, b_{ij}] \text{ unde } [b_{ij}] = \boldsymbol{B};$$

$$\boldsymbol{A} \times . \boldsymbol{B} = [a_{ij}\, \boldsymbol{B}] \text{ unde } [a_{ij}] = \boldsymbol{A},$$

rezultă că hipermatricea $\| Z \|$ poate fi scrisă sub forma:

$$\| Z \| = \frac{1}{m} \sum_{k=0}^{n-1} \begin{bmatrix} l_{11,k} & l_{12,k} & l_{1n,k} \\ & & \\ l_{n1,k} & l_{n2,k} & l_{nn,k} \end{bmatrix} \times \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ a_k \\ a_k^{m-1} \end{bmatrix} \cdot$$

$$\cdot [1, \bar{a}_k \; \overline{\quad} \; \bar{a}_k^{m-1}] \qquad \text{(III 2)}$$

sau

$$\| Z \| = \frac{1}{m} \sum_{k=0}^{m-1} L_k \times \cdot W_k W_k^{*}, \text{ unde } W_k = \begin{bmatrix} 1 \\ a_k \\ a_k^{m-1} \end{bmatrix}. \qquad \text{(III 3)}$$

Pentru o matrice ciclică de ordinul 3, formula (II 1) duce la următoarele relații:

$$[Z_{ij}] = \begin{bmatrix} \zeta_{aa} & \zeta_{ab} & \zeta_{ac} \\ \zeta_{ac} & \zeta_{aa} & \zeta_{ab} \\ \zeta_{ab} & \zeta_{ac} & \zeta_{aa} \end{bmatrix} = \frac{\zeta_{aa} + \zeta_{ab} + \zeta_{ac}}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} +$$

$$+ \frac{\zeta_{aa} + a\zeta_{ab} + a^2\zeta_{ac}}{3} \cdot \begin{bmatrix} 1 & a^2 & a \\ a & 1 & a^2 \\ a & a^2 & 1 \end{bmatrix} +$$

$$+ \frac{\zeta_{aa} + a^2\zeta_{ab} + a\zeta_{ac}}{3} \cdot \begin{bmatrix} 1 & a & a^2 \\ a^2 & 1 & a \\ a & a^2 & 1 \end{bmatrix} \cdot$$

Se observă că valorile p roprii sînt, respectiv:

$$l_0 = \zeta_{aa} + \zeta_{ab} + \zeta_{ac}; \; l_1 = \zeta_a + a\zeta_{ab} + a^2\zeta_{ac};$$

$$l_2 = \zeta_{aa} + a^2\zeta_{ab} + a\zeta_{ac}.$$

Această formă poate fi pusă în legătură cu dezvoltarea unui determinant circulant dată de Aitken.

Bibliografie

[1] *Fortescue, C. L.*, Method of symmetrical coordinates applied to the solution of polyphase networks. In: Trans AIEE 37, part. II, 1918, p. 1027—1140.

[2] *Wanger, F. C.* şi *Evans, R. D.*, *Symmetrical components.* New York, McGraw 1933.

[3] *Clarke, E.*, Problems solved by modified symmetrical components, In: Gen. Electric Review, vol **41**, 1938 p. 488—94 şi 545—49,.

[4] *Clarke, E.* Circuit Analysis of a.c. Power Systems, vol. **1** şi **2**. New York, Wiley.

[5] *Lyon, W. W.* Applications of the method of symmetrical components. New York, McGraw Hill, 1937. *Lyon, W. W.* Analiz perehodnîh proţessov v elektriceskih maşinah peremenogo toka metodom simmetricinîh sostavliaiuşcih (traducere din engleză), Moscova, GEI, 1958.

[6] *Stubbings, G. W.* Elements of Symmetrical Components Theory. London, Pitman, 1937.

[7] *Neumann, R.* Symmetrical Components Analysis of Unsymmetrical Polyphase Systems. London, Pitman, 1939.

[8] *Oberdorfer, G.* Das Rechnen mit symmetrischen Komponenten. Leipzig, Teubner, 1929.

[9] *Wanger, F. C.* Symmetrische Komponenten für Merhrphasen Systeme. In: Archiv für Elektrotechnik, **29**, 1935, p. 683.

[10] *Ulianov, S. A.* Korotkie zamîkania v elektriceskih sistemah. Moscova-Leningrad, GEI, 1952.

[11] *Scedrin, N. N.* şi *Ulianov, S. A.*, Zadaci po rasciotu korotkih zamîkanîi. Moscova, GEI, 1955.

[12] *Cernin, A. B.* Vîcislenie elektriceskih velicin i povedenie releinoi zascitî pri nepolnofaznîh rejimah v elektriceskih sistemah. Moscova-Leningrad, GEI, 1963.

[13] *Titze, H* Fehler und Fehlerschutz in elektrischen Drehstromanlagen. Vol. **1**, Die Fehler und ihre Berechnung. Springer Verlag, 1951.

[14] *Mortlock, J. R.* The evaluation of simultaneous faults on 3 phase systems. In: Jour IEE **94**, part. II, 1947, p. 166.

[15] *Ràcz, I.* A Szimmetrikus öszetevök modszerének elemei Budapest, Tankönyvkiado, 1952.

[16] *Skaczynki, Z.* şi *Nowacki, P. I.* Zwarcia wysokonapieciowych ukladah energoelektrycnych. Varşovia, 1954.

[17] *Geszti, P.* şi *Kovács, P. K.* Szimmetrikus összetevök. Budapesta, Akademiai-kiadó, 1947.

[18] *Hobson, S. E.* şi *Whitehead, D. L.*, Symmetrical Components. In cartea Electrical Transmission and Distribution Reference Book, Pittsburg, Westinghouse, 1950.

[19] *Schulze, H.* Die Behandlung der unsymmetrischen Belastung von Dreiphasensystemen nach der Methode der symmetrischen Komponenten. In: Energietechnik 4, nr. 3, 1954 p. 114—118.

[20] *Hochreiner, A.* Symmetrische Komponenten. Berlin, Springer Verlag, 1957.

[21] *Calabrese, G. O.*, Symmetrical components. New York, Ronald Press Co., 1959.

[22] *Morgan E. M.* şi *Williams, D. L.*, An introduction to symmetrical components. In: Electrical Energy, **2**, nr. 12, 1958, p. 470—476.

[23] *Preda, M.* Construcţii grafice utile în cadrul metodei componentelor simetrice. In: Bul. Inst. Politehnic Bucureşti, **23**, nr. 3, 1961, p. 189—194.

[24] *Meerbeck, K.* Beitrag zur Berechnung der symmetrischen Komponenten unsymmetrischer Drehstromsysteme. In: VDI — Z, **104**, nr. 22, 1962, p. 1169—1171.

[25] *Mohr. O.* şi *Hutschenreuter, G.* Die Leistungsdarstellung in Ein- und Mehrphasensystemen durch Zeigerdiagramme. In: ETZ — A, **83**, nr. 8, 1962, p. 253—263.

[26] *Vaske, P.* Über die Drehfelder und Drehmomente symmetrischer Komponenten in Induktionsmaschinen. In: Archiv für Elektrotechnik **48**, nr. 2, 1963, p. 97—116.

[27] *Stepina, J.* Die Physikalische Bedeutung der symmetrischen Komponenten der momentan Werte in elektrischen Maschinen und ihre Verallgemeinerung. In: Acta Technica CSAV **7**, nr. 5, 1962, p. 451—471.

[28] *Kovács, K. P.* Symmetrische Komponenten in Wechselstrommaschinen. Basel, Birkhäuser, 1962.

[29] *Nasse, G*, L'Espace vectoriel, domaine de représentation de l'électrotechnique. In: Bull. S.F.E. seria 6, vol. **IX**, nr. 96, 1949, p. 459—474.

[30] *Kron, G.* Diakoptics, MacDonald, Londra, 1963.

[31] *Roth, J. P.* An application of algebraic topology to numerical analysis. On the existence of a solution to the network problem. In: Proc. Nat. Ac. of Sci., **41**, nr. 7, 1955, p. 518—521.

[32] *Rothman, A.* şi *Cristescu, D.* Metoda directă de calcul a defectelor nesimetrice. In: Energetica **12**, nr. 1, 1964, p. 22 39—44.

[33] *Przyluski, A.* Prezekszalcenia liniowe symetrycznych obwodow trojfazowych eliminujacec opornosci wzajemne (Eliminarea impedanţelor mutuale printrc-o transformare liniară a circuitelor trifazate simetrice. In: Archivum Elektrotechniki, **5**, nr. 3, 1956, p. 549—566.

[34] *Kimbark* Power systems stability. Wiley, New-York, vol. **1**, 1957, p. 245—249.

[35] *Duesterhoeft, W. C., Schulz, M. W.* şi *Clarke, E.* Determination of instantaneous currents and voltages by means of α, β and 0 components. In : Trans. AIEE, **70**, partea 2, 1951, p. 1248—1255.

[36] *Calvaer, A.* Les composantes de Clarke, leur usage dans le calcul des défauts et des dissymétries des réseaux triphasés. In : Revue E, (suppl. au Bull. Soc. Belge Electr.) vol. **1**, nr. 13, 1956, p. 315—342 şi nr. 14, 1956, p. 396—405.

[37] *Calvaer, A.* Monographie des composantes positive plus, positive minus, négative. In : Revue E. vol. **3**, nr 8, 1961, p. 303—327.

[38] *Calvaer, A.* Sur quelques propriétés des systèmes de composantes cohérentes et l'expréssion générale des systémes pratiques. În : Revue E., vol. **8**, nr. 10, 1959, p. 261—267.

[39] *Calvaer, A.* Extension du domaine d'application des analyseurs de réseaux à impédances par un procédé général de rotation des vecteurs éléctriques (réseaux en quadrature antisymmétriquement couplés). In : CIGRÉ, vol. **3**, 1958, rap. 311.

[40] *Edelmann, H.* Normierte Komponentensysteme zur Behandlung von Unsymmetrieaufgaben in Drehstrom und Zweiphasennetzen. In : Archiv für Elektrotechnik, **42**, nr. 6, 1956, p. 317—331.

[41 *Szendy, Ch.* The extension of Calvaer's method for network calculation. In : Revue E., vol. **2**, nr. 8, 1958, p. 213—218.

[42] *Szendy, Ch.* Transformation of a three-phase alternating-current system with the aid of matriy calculus. In : Acta Tehnica Academiae Scientiarum Hungaricae, vol. **19**, nr. 3—4, 1958, p. 379—403.

[43] *Egerváry, E.* On hypermatrices whose blocks are commutable in pairs and their application to lattice dynamics. In : Acta Scientiarum Mathematicarum, vol. **15**, nr. 314, 1954, p. 211—222.

[44] *Bajcsay, P.* şi Lovass-Nagy, V. A new method of applying hypermatrices in the theory of multiphase systems. In : Acta Technica Academiae Scientiarum Hungaricae, vol. **21**, nr. 3—4, 1958, p. 336—386.

[45] *Lovass-Nagy, V.* On an application of Egervary's hypermatrixalgorithm to the mathematical investigation of polyphases transformer. In : Acta Technica Academiae Scientiarum Hungaricae, vol. **15**, nr. 3—4, 1956, p. 261—286.

[46] *Lovass-Nagy, V.* şi *Szendy, K.* Surge phenomena in electromagnetic coils analysed by hypermatrix methods. In : Acta Technica Academiae Scientiarum Hungaricae. vol. **21**, 1958, nr. 3—4, p. 427—448.

[47] *Lovass-Nagy*, V. şi *Szendy, K.* Application of the matrix calculus to the investigation of transformers in arbitrary connection. In : Acta Technica Academiae Scientiarum Hungaricae, vol. **16**, nr. 3—4, 1957, p. 311—352.

[48] *Raymond F.* Contribution à la théorie des réseaux électriques polyphasés symmétriques. (Thése de Doctorat de l'Université de Paris), 1945.

Intrat în redacţie la 21.III.1964

RECENZII

CZ 621.3.016 : 061.3 VDE „1963"

Puterea reactivă. — Dări de seamă ale Comitetului ştiinţific VDE. După rapoartele sesiunii de la München, din 27—28 martie 1963 (Blindleistung Herausgegeben vom Wissenschaftlichen Ausschus des Verbandes Deutscher Elektrotechniker Berlin, VDE). VDE—Verlag, G.M.B.H., 1963, 256 pag.

Problema puterii reactive şi, legată de ea, a compensării factorului de putere, este astăzi în centrul preocupărilor electricienilor. Astfel, în R.F.G. a fost organizată, sub auspiciile VDE (Asociaţia electricienilor Germani), o sesiune privind aceste probleme. Aici au fost discutate aspectele teoretice şi practice ale problemei.

Astfel, au fost prezentate 11 referate.

Primul referat, prezentat de W. Nowag, se referă la terminologia legată de factorul de putere. Se prezintă în mod cronologic această problemă şi discuţiile purtate asupra justeţei alegerii termenilor.

Un alt referat cu caracter teoretic, ţinut de G. Oberdorfer, s-a referit la explicarea noţiunii de putere reactivă.

Referatul prezentat de G. Fischoeder cuprinde consideraţii asupra puterii reactive în reţelele electrice. Acest referat are un caracter mai general în sensul că, pe lîngă unele aspecte teoretice, sînt prezentate aspecte practice legate, în special, de metodele de compensare artificială a factorului de putere. Astfel, bateriile de condensatoare montate în reţelele de medie tensiune pot ajunge pînă la puteri de 15 MVAr, la tensiunea de 10 kV. Se prezintă o astfel de baterie formată din unităţi cu puterea de 50 kVAr şi tensiunea de 3 kV. Schema de consumuri a acestor baterii este în serie-paralel. Compensarea factorului de putere în liniile de foarte înaltă tensiune 110, 220 şi 380 kV se face prin intermediul transformatoarelor coborîtoare, respectiv la tensiunile de 10 sau 30 kV. Aici este vorba numai de compensarea în derivaţie şi nu în serie. Tot în acest referat se prezintă unele maşini rotative generatoare de energie reactivă.

Cu un pronunţat caracter tehnico-economic este referatul lui C. Dichtel, referindu-se la problema puterii reactive în sistemul energetic München. Este interesantă analiza sistemelor de compensare folosite, ţinînd seamă şi de aspectul tarifelor energiei electrice în funcţie de factorul de putere respectiv şi din acest referat reiese tendinţa de folosire cu precădere a condensatoarelor, ca mijloace de compensare artificială.

Problema factorului de putere în tracţiunea electrică este tratată în referatul prezentat de E. Kilb. Autorul discută în primul rînd mijloacele de compensare a factorului de putere pe linie, respectiv de la generator pînă la locomotivă, pentru frecvenţa de 16 2/3 Hz. La fel, compensarea pe însăşi locomotivă.

Referatul ţinut de G. Hosemann tratează problema generării energiei reactive prin maşini sincrone. Aici se prezintă aspectele factorului de putere în special la turbogeneratoare, ţinînd seamă că acestea din urmă produc circa 85% din energia electrică din R.F.G.

Stadiul actual al construcţiei condensatoarelor de forţă face obiectul referatului lui E. Trünger. Autorul explică larga folosire a condensatoarelor, ca mijloc de compensare artificială, prin avantajele următoare : pierderi dielectrice de circa zece ori mai mici decît la compensatoarele sincrone ; lipsa părţilor mobile, ceea ce duce la simplificarea exploatării ; posibilitatea fracţionării puterii condensatoarelor, realizînd astfel o mai mare elasticitate a compensării. În R.F.G., în anul 1961, au fost instalate circa 2 200 MVAr în condensatoare, pentru îmbunătăţirea factorului de putere, în următoarele variante : pentru compensarea de joasă tensiune ; pentru compensarea de medie tensiune ; pentru lămpi fluorescente cu montaj în serie şi în paralel şi, în sfîrşit, pentru instalaţii de tratamente termice lucrînd la frecvenţe medii.

În ultima vreme s-au făcut progrese excepţionale pe linia îmbunătăţirii indicilor tehnico-economici ai condensatoarelor, şi, în special, a volumului specific, în primul rînd, prin înlocuirea uleiului mineral ca material de impregnare cu dielectricii lichizi sintetici, obţinuţi prin policlorurarea difenilului. Constanta dielectrică a acestor materiale este de circa 4,6—5,6, faţă de 2,2—2,4 a uleiurilor minerale şi, prin aceasta, se explică creşterea indicelui de putere pe volum cu circa 50%.

O altă cale de reducere a volumului specific al condensatoarelor constă în ridicarea gradientului de potențial. Aceasta se face prin mai multe măsuri, și anume : îmbunătățirea calității hîrtiei, respectiv reducerea pierderilor dielectrice și scăderea punctelor conductoare pe unitatea de suprafață ; realizarea de construcții cu coeficienți ridicați de transmisie a căldurii și îmbunătățirea tehnologiei de fabricație, și, în special, a deshidratării și impregnării în vid intens.

Ca tendință generală se observă creșterea puterii reactive, pe unitate, ajungînd în unele construcții europene la 100 kVAr. O deosebită importanță se dă problemei ionizării dielectricului condensatoarelor, aceasta ca metodă de studiu pentru dimensionarea grosimii izolației. Autorul consideră ca tensiune optimă, pentru secțiunea de condensator, valoarea de 1 000 V. O parte a referatului este consacrată statisticii duratei de viață a condensatoarelor, folosind rezultate din exploatare, din anii 1950—1961. Reușește, pe baza datelor arătate, să întocmească formule empirice pentru stabilirea acestei durate de viață. Cu toate că la ora actuală majoritatea firmelor mari constructoare de condensatoare folosesc numai hîrtia ca dielectric, se întrevede posibilitatea folosirii în viitor a foliilor din materiale plastice.

K. Bonfert în referatul său se ocupă de mașinile rotative generatoare de energie reactivă cu funcționarea lor în liniile de transport de energie de înaltă tensiune. Autorul se referă la problemele mecanice și electrice ale acestor mașini și în special la problemele reglajului.

Problema factorului de putere este dificilă la cuptoarele electrice inductive. În referatul său, A. Drilles, după ce expune bazele teoretice ale compensării factorului de putere în acest domeniu prezintă soluțiile respective. Materialul este îndeajuns de bogat și ilustrat.

Ultimul referat, prezentat de F. Hölters, tratează problema necesarului de energie reactivă în liniile de transport de energie în curent continuu. Aici este vorba de energia reactivă consumată în special de marile transformatoare coborîtoare și urcătoare.

Referatele ținute au meritul că prezintă stadiul actual al problemei factorului de putere într-o economie energetică dezvoltată, cum este cazul în R.F.G. Pentru electrotehnicienii și energeticienii din țara noastră, acestea constituie un material documentar prețios.

A.B.

CZ 621.315.614.64 : 621.312.027.8

M. A. Greisuh, C. S. Kucinskii, D. A. Kaplan și G. T. Messerman. **Izolația hîrtie-ulei în construcția echipamentului de înaltă tensiune.** (Bumajno — maslianaia izolația v viskovoltnih construkțiah Moscova Gosenergoizdat 1963, 299 pag. 189 fig., 26 tab., 148 ref. bibl.

În construcția echipamentului electric de înaltă tensiune, izolația hîrtie-ulei, adică hîrtia impregnată în uleiuri minerale, are la ora actuală un rol precumpănitor. Pentru tensiunile peste 110 kV, transformatoarele de forță și de măsură, condensatoarele de impuls de tensiune și curent, la fel ca și cele de cuplaj, cablurile de forță și alte tipuri de echipament electric au izolații din hîrtie specială impregnată în uleiuri minerale.

Este interesant de văzut că tipurile noi de izolații bazate pe folosirea materialelor sintetice și-au cîștigat teren în echipamentul electric de forță, dar numai pînă la anumite tensiuni de lucru. De exemplu, folosirea materialelor plastice în izolarea cablurilor de forță, este practic limitată la 35 kV. Transformatoarele de măsură de curent și tensiune turnate în rășini sintetice, în special în rășini epoxidice, sînt realizate pe scară industrială numai pînă la tensiuni de 60 kV. Acest lucru se explică prin necesitatea folosirii la construcțiile electrotehnice de tensiuni înalte gradienți de potențial ridicați. Or, pînă la ora actuală, numai hîrtia impregnată în uleiuri și lipsită de incluziuni de aer are gradienți de ionizare ridicați, și, mai ales, o uniformitate a dielectricului.

Lucrarea recenzată tinde să sistematizeze materialele teoretice și experimentale, care există în acest domeniu. În primul rînd este vorba de experiența dobîndită în U.R.S.S., unde s-a realizat pînă acum echipament electric pentru tensiuni pînă la 500 kV.

Tematica acestei cărți este tratată în mai toate lucrările de tehnica izolației sau a construcției echipamentului electrotehnic de înaltă tensiune, însă în literatura tehnică mondială nu există o lucrare consacrată special acestei probleme. Trebuie menționat că autorii sînt cunoscuți în literatura tehnică sovietică, respectiv în revistele „Electricestvo" și „Elektrotechnika" prin articolele lor în acest domeniu.

Primul capitol se ocupă de particularitățile construcțiilor de echipament electrotehnic cu izolație din hîrtie-ulei. Cum este și firesc, la început sînt prezentate materialele componente ale acestei izolații, respectiv hîrtia și uleiul mineral. Hîrtiile folosite sînt : de condensator, cu grosimi între 5 și 30 μ, și de cablu, respectiv între 15 și 240 μ. Uleiurile minerale prezentate sînt cele fabricate în U.R.S.S. În primul rînd uleiul de transformator, cel mai larg utilizat, apoi uleiul de condensator și, în sfîrșit, uleiurile speciale de cabluri pentru tensiunile medii și înalte. Formele constructive ale izolației sînt tratate pe tipurile de echipament, și anume : condensatoare, cabluri, transformatoare de forță, transformatoare de curent. O deosebită importanță se dă metodelor pentru uniformizarea repartizării tensiunilor în aceste construcții, și anume : gradarea izolației și folosirea armăturilor de condensatoare. La fel se prezintă metodele de reducere a efectului marginal. În primul rînd divizarea izolației în straturi subțiri cu ajutorul armăturilor de condensatoare în regiunea electrodului ascuțit, apoi acoperirea electrodului ascuțit cu elemente izolante de tip „barieră", mărirea curburii electrodului și în sfîrșit acoperirea combinată a marginilor armăturii.

Sînt o serie de construcții cu izolația hîrtie-ulei cu divizarea tensiunii pe elemente. Aceste construcții se referă în primul rînd la condensatoarele cu bobinajele înseriate pentru cuplaj, pentru absorbție de putere de pe liniile de înaltă tensiune și pentru egalizarea tensiunii pe elementele întreruptoarelor de puteri mari. Apoi sînt cablurile cu izolație gradată, care lucrează sub presiuni ridicate pînă la 15 at, și îmbinările de cabluri. Tot din această categorie fac parte transformatoarele de curent cu izolația de tip condensator.

Ținînd seamă de importanța tehnologiei deshidratării și impregnării izolației, autorul acordă acestor probleme un spațiu corespunzător în carte (un paragraf de 25 de pagini). Se studiază tipurile principale de încălzire în procesul de uscare : încălzirea exterioară și încălzirea combinată (interioară și exterioară). Aici se prezintă variația caracteristicilor dielectrice în procesul de uscare. Alegerea temperaturii de încălzire este importantă atît pentru calitatea procesului de uscare, cît și pentru economicitatea tehnologiei : ordinul de mărime a vidului folosit în aceste procese influențează puternic asupra caracteristicilor dielectrice ale izolației. De exemplu, condensatoarele de forță, lucrînd cu un gradient de potențial de 12,7 kV/mm și folosind hîrtia de condensator cu grosimea de 10 μ, fiind deshidratate și impregnate la un vid de 1 mm col. Hg, au tg δ de $3{,}5.10^{-3}$, pe cîtă vreme cele tratate la vidul de 10^{-3} mm col. Hg. au tg δ mult mai redusă, și anume $1{,}8.10^{-3}$.

Se prezintă schemele circuitelor de degazare, deshidratare și impregnare, împreună cu procesele tehnologice tipice. La aceste procese, determinarea timpului de lucru nu se poate face direct, ci numai prin măsurarea continuă a caracteristicilor dielectrice, respectiv tg δ și R_{iz}. Pentru aceste măsurări prezintă schemele respective.

Cel de-al doilea capitol se ocupă de tensiunile care acționează asupra izolației în transportul de energie în curent alternativ și în curent continuu. Este vorba de tensiunea de lucru, supratensiuni interne (de comutație) și supratensiuni externe (descărcări atmosferice).

Caracteristicile dielectrice ale izolației hîrtie-ulei, lucrînd în curent alternativ, sînt pe larg prezentate în capitolul al treilea. În primul rînd este studiată rigiditatea dielectrică la încercări de scurtă durată. O problemă interesantă este variația tensiunii de străpungere în funcție de grosimea stratului izolației ; la fel, variația aceleiași, mărimi dielectrice, în funcție de suprafața electrozilor și de grosimea și densitatea hîrtiei, cum și sortul uleiului mineral. Ținînd seamă că aceste izolații lucrează la tensiuni foarte înalte, o importanță deosebită au procesele de ionizare. Sînt prezentate tipurile pe tensiuni de ionizare, și anume : de început de ionizare,

critică de ionizare şi minimă de ionizare. Pentru toate aceste tensiuni de ionizare sînt prezentate aspectele electro-fizice. În continuare se studiază variaţia gradienţilor de ionizare în funcţie de grosimea izolaţiei şi de presiunea uleiului. Acest din urmă parametru are o deosebită importanţă la cablurile de forţă de foarte înaltă tensiune, unde se foloseşte izolaţia din hîrtie-ulei aflată sub presiune mărită. După cum s-a văzut în primul capitol, tehnologia deshidratării şi impregnării are importanţă deosebită şi asupra proceselor de ionizare şi, de aceea, este studiată şi în acest capitol. Pierderile dielectrice ale izolaţiei sînt studiate tot în funcţie de parametrii menţionaţi. Se prezintă într-un spaţiu mult mai redus problema străpungerii termice. În sfîrşit, acest capitol se ocupă de îmbătrînirea izolaţiei şi alegerea gradienţilor de potenţial de lucru şi de încercare.

Capitolul al patrulea se ocupă de studiul caracteristicilor dielectrice ale izolaţiei lucrînd în curent continuu, iar capitolul al cincilea, de caracteristicile de impuls ale aceleiaşi izolaţii.

Ultimul capitol, al şaselea, prezintă mărimile tensiunilor de încercare şi corelaţia dintre tensiunile care acţionează şi care pot fi suportate.

Lucrarea reuşeşte să fie o monografie a tipurilor de izolaţie mai înainte menţionate, referindu-se la o bogată biografie (148 publicaţii). Autorii au reuşit să găsească un echilibru între prezentarea teoretică şi experimentală a problemelor şi să publice multe date preţioase din acest domeniu.

În ultima vreme, în construcţia echipamentului electrotehnic de înaltă tensiune, în special la condensătoarele şi la transformatoarele de forţă, se foloseşte ca material de impregnare dielectrici lichizi sintetici cloruraţi, în locul uleiurilor minerale. Ar fi necesar ca lucrarea să trateze şi aceste construcţii, încadrîndu-se perfect în profilul ei.

În concluzie, cartea este de un real folos pentru constructorii de echipament electric de înaltă tensiune din ţara noastră.

A. Bercu

Prof. Carol Steinberg

CZ 621.3 (498) (092)

La 25 februarie 1964 a încetat din viaţă la vîrsta de 65 ani profesorul inginer Carol Steinberg, şeful disciplinei de aparate electrice de la Institutul politehnic din Bucureşti, cunoscut specialist în domeniul construcţiei şi utilizării aparatelor electrice de joasă şi înaltă tensiune.

Carol Steinberg şi-a terminat studiile superioare în 1920 obţinînd diploma de inginer atît la Şcoala politehnică din Bucureşti, cît şi la Şcoala superioară tehnică din Danzig. Încă din primii ani după terminarea studiilor, Carol Steinberg dovedeşte o deosebită pregătire tehnică, o remarcabilă capacitate creatoare şi organizatorică. Proiectează şi conduce lucrări de mare amploare şi importanţă : construcţia şi instalaţiile uzinei electrice şi reţelei de alimentare şi distribuţie a oraşului Constanţa, executarea primelor echipamente electrice realizate în ţară pentru industria petrolieră, executarea primelor echipamente electrice pentru poduri rulante etc.

Dezvoltarea impetuoasă a industriei electrotehnice în anii regimului de democraţie populară îi creează posibilităţi mărite de afirmare, de folosire a cunoştiinţelor şi aptitudinilor sale. Ca şef al serviciului de aparataj al noii uzine Dinamo a proiectat şi executat în anii 1949—1950 echipamente pentru poduri rulante, transformatoare de pornire, controlere şi alte aparate de pornire. Ca proiectant şef la Electroaparataj în anii 1950—1953 a pus bazele realizării în ţară a primelor aparate electrice de joasă tensiune, contribuind printr-o sistematică preocupare în ceea ce priveşte specializarea cadrelor tinere la formarea unui prim nucleu de specialişti în această direcţie.

În anul 1950 a fost numit conferenţiar, iar în 1952 profesor la Institutul politehnic Bucureşti, unde a predat de atunci cu deosebită competenţă cursul de teoria şi proiectarea aparatelor electrice. Din 1953 şi pînă în 1958 a funcţionat ca profesor şef de catedră şi la Institutul de maşini şi aparate electrice din Craiova.

Depunînd o activitate neobosită şi antrenînd în această activitate colectivele din cadrul catedrelor, el a organizat laboratoarele de aparate electrice din ambele institute a condus şi coordonat o vastă activitate de studii şi cercetări concretizate în numeroase comunicări ştiinţifice.

Deşi din anul 1953 s-a dedicat învăţămîntului, Carol Steinberg nu a părăsit nici un moment strînsa legătură cu industria, pe de o parte ţinîndu-se în permanenţă la curent cu toate realizările industriei electrotehnice din ţara noastră, pe de altă parte continuînd să aducă o valoroasă contribuţie la rezolvarea unor probleme tehnice, dificile de la uzinele de specialitate Electroputere şi Electroaparataj.

Cursul de „Teoria şi proiectarea aparatelor electrice" apărut în 1957 (a doua ediţie este sub tipar), cele două lucrări de nivel mediu despre aparate electrice apărute în 1950 şi 1954 şi capitolele publicate în Manualul inginerului electric vol. IV, au reprezentat pentru studenţi, pentru elevii şcolilor tehnice şi pentru specialiştii din producţie un ajutor valoros în activitatea lor.

Cursul de nivel superior, cuprinzînd bazele teoretice ale construcţiei aparatelor electrice, cuprinde numeroase contribuţii originale. În lucrările sale asupra vibraţiei electromagneţilor de curent alternativ monofazaţi, el a elaborat metode de calcul al pulsaţiei şi de dimensionare a spirei ecran, care sînt folosite atît în industrie, cît şi în învăţămînt. De asemenea, lucrările asupra încălzirii şi vibraţiei contactelor, formulele sale pentru calculul încălzirii contactelor ţinînd seamă de variaţia rezistivităţii cu temperatura, reprezintă o mai sensibilă apropiere a calculului de rezultatele reale obţinute în practică, comparativ cu formulele clasice ale lui Holm.

Pentru cei care au cunoscut toate aspectele activităţii sale multilaterale va rămîne veşnic vie în amintirea lor figura luminoasă a profesorului.

Pasionat de a cunoaşte cît mai mult pentru a dărui cît mai mult, a muncit fără preget pentru a pregăti şi preda un curs la amploarea şi nivelul impus de necesităţile industriei noastre, preocupat ca fiecare student să asimileze cît mai mult, să înţeleagă cît mai bine. Pentru colaboratorii săi, pentru studenţii săi, aceste trăsături caracteristice ale activităţii sale au constituit baza respectului şi dragostei unanime cu care l-au înconjurat.

Nu se pot încheia aceste cîteva cuvinte fără a vorbi despre cultura multilaterală şi marea sa experienţă de viaţă pe care le împărtăşea cu un umor fin şi un farmec încîntător, despre profunda sa dragoste pentru oameni, care se reflecta în toate manifestările sale.

Studenţii, asistenţii şi colaboratorii săi, precum şi toţi cei care l-au cunoscut, îşi amintesc cu recunoştinţă şi dragoste nu numai profesorul, ci şi omul care le-a fost multora un bun prieten şi sfătuitor. Toţi îi vor păstra o respectuoasă şi recunoscătoare amintire.

REFERATE

CZ 621.3 *Electrotehnică generală*

CZ 621.3.016.33 : 621.319.4

Piskaci T. **Echilibrarea sarcinii neuniforme (nesimetrice) a rețelelor cu ajutorul condensatoarelor statice** (Vyrovanani nesoumerneho zatizeni site staticky Kondenzatory). In : Energetika **13**, nr. 9, sept 1963, p. 461—464, 7 fig., 1 tabl.

În cazul a două receptoare monofazate legate în V și conectate la o rețea trifazată s-a dovedit deosebit de avantajoasă folosirea condensatoarelor pentru compensarea curentului reactiv și pentru echilibrarea componentei de secvență inversă. Dacă se urmărește îmbunătățirea factorului de putere, soluția preconizată de autor prezintă avantaje evidente din punct de vedere tehnico-economic. Soluția de compensare a sarcinii nesimetrice descrisă în articol nu necesită investiții suplimentare pentru simetrizare și, în plus, dă economii sensibile ținînd seamă de reducerea aparatelor de măsură din schema de comutație. Se arată că dimensionarea dispozitivelor statice necesară compensării nu se va face ținînd seamă de componenta inversă care intervine la sarcină maximă. Este indicat ca la baza calculelor de proiectare a dispozitivelor de simetrizare să stea criteriul economic. Exemplele de calcul efectuate de autor arată că, la un factor de putere de 0,8, componenta de secvență inversă poate fi neutralizată în proporție de aproximativ 50%.

A.C.

CZ 621.313 *Mașini electrice*

CZ 621.313.1 : 534.43

Sacerdote, G.: **Misure di rumorosita di macchine** (Măsurarea zgomotului mașinilor). In : Ist. elettrotecn. nat. Galileo Ferraris **30**, nr. 728, 1963, p. 1—10, 3 fig.

Extrasă din materialele prezentate la cea de-a 63-a reuniune A.E.I. care a avut loc la Ischia (30 sept — 6 oct 1962), lucrarea tratează despre efectele produse de zgomot, necesitatea măsurării zgomotului mașinilor și oportunitatea stabilirii pe plan internațional a unor curbe care să indice limitele maxime tolerabile pentru nivelul acustic perturbator de la caz la caz și în special pentru zgomotul industrial, indicînd lotul de aparate strict necesar pentru măsurarea nivelului acustic și metodele care trebuie folosite pentru verificarea și etalonarea lor.

Pentru cazuri și scopuri speciale (verificarea izolării fonice, realizarea de produse silențioase, defectoscopie etc.) se indică procedee cu caracter statistic, analiză spectrală în intervale de 1/3 sau 1/1 octavă — completate cu analiză vibrometrică, ridicări ponderate, conform unor norme speciale adoptate pe plan internațional (rețelele corectoare de frecvență A, B, C care exprimă curba de răspuns a urechii omenești corespunzător la nivelele acustice de 40, 70 și 100 dB), pentru aproximarea cît mai apropiată de senzația auditivă, metode de înregistrare a nivelului presiunii acustice și de calculare a nivelului puterii acustice disipate, dîndu-se date despre aparatura indicată pentru efectuarea măsurărilor.

L.V.

CZ 621.313.17—526.025.2

Hesmondhalgh D. E. și Laithwaite E. R. **Metodă de analiză a proprietăților servomotoarelor bifazate și a tahogeneratoarelor de curent alternativ** (Method of analysing the properties of 2-phase servo-motors and a.c. tachometers). In : Proc. Inst. Electr. Engrs. **110**, nr. 11, nov 1963, p. 2039—2054, 21 fig.

Se studiază amănunțit proprietățile mașinilor de inducție folosite în domeniul servomecanismelor. În prima parte „Studiul calităților cerute motoarelor de inducție pentru a fi folosite ca servomotoare", autorii stabilesc expresia inducției în întrefier, și, cu ajutorul ei, aceea a cuplului mașinii. Pentru cazul curenților nesimetrici impuși se face ipoteza că bobinajul principal este conectat la o sursă de curent constant și că bobinajul de comandă este parcurs de un curent a cărui fază se menține în cvadratură cu aceea a curentului din bobinajul principal, dar are o amplitudine proporțională cu semnalul de comandă și se stabilește expresia cuplului în această ipoteză. În continuare se studiază, în mod analog, cazul tensiunilor impuse unui servomotor bifazat. În partea a doua „Studiul calităților pe care trebuie să le aibă mașinile de inducție pentru a putea fi întrebuințate ca tahogenerator de curent alternativ", se studiază tensiunea produsă și semnificația forțării curentului. Teoria elaborată se aplică, pentru verificare, unui tahogenerator standard, de producție curentă. Partea a treia este consacrată problemei proiectării unui servomotor bifazat. Mai importantă este rapiditatea cu care se pot pune în mișcare masele mobile decît randamentul și factorul de putere al mașinii. Se consideră, în continuare, ecuația cuplului pentru servomotor și efectul fluxului de scăpări rotoric ; în fine, efectul rezistivității suprafeței rotorului asupra forței disponibile pe unitatea de arie. În anexe se dau detaliat deducerile ecuațiilor întrebuințate în cursul lucrării.

A.H.

CZ 621.313.3.062.13

Stephen, D. D. **Conectarea mașinilor electrice mari la sistemele energetice** (Connecting large machines to power systems). In : Proc. I.E.E. **110**, nr. 8, aug 1963, p. 1 425—1 433, 14 fig., 2 tabl., 6 ref. bibl.

Conectarea motoarelor și a generatoarelor electrice de curent alternativ monofazat și trifazat la rețelele electrice ridică o serie de probleme referitoare la :

— comportarea mașinilor în cazul regimurilor tranzitorii care apar ;

— influența regimurilor tranzitorii asupra echipamentului electric conectat la sistemul electric considerat. Se arată că la conectarea motoarelor electrice se impun mai puține precauții, deoarece comportarea lor în regim tranzitoriu nu creează probleme deosebite. În cazul generatoarelor se impune o atenție deosebită atît în privința sincronizării, cît și în privința proceselor tranzitorii. Se dau indicații privind posibilitățile practice de conectare. Astfel autorul indică modul de micșorare a defazajului între tensiunea furnizată de generator și tensiunea rețelei electrice, cu privire la creșterea și descreșterea turației, la procesul de intrare în sincronism și asupra metodelor de sincronizare cu ajutorul unor motoare sincrone. În privința conectării motoarelor la sistem se descriu posibilitățile de pornire prin conectarea directă la rețea, prin rezistențe rotorice variabile sau cu ajutorul unor transformatoare. Se mai indică o serie de dispozitive de protecție a aparatajului conectat la sistem în cazul cuplării la rețea a generatoarelor și a motoarelor de mare putere.

A.C.

CZ 621.315.2/4 *Conducte electrice*

CZ 621.315.5.017.001.6 : 669

Rassmann, G. **Stadiul dezvoltării și utilizarea materialelor speciale metalice în electrotehnică** (Stand der Entwicklung und Anwendung metallischer Sonderwerkstoffe in der Elektrotechnik). In Elektrie, nr. 11, noiembrie 1963, p. 365—368, 3 fig., 2 tab., 6 diagr.

Combinațiile dintre metale și alte materiale ne oferă noi posibilități în fabricația electrotehnică datorită valorificării efectelor termoelectrice și galvanomagnetice. De asemenea, se face uz tot mai mult de faptul că anumite însușiri fizice sînt diferite la un material compact și la același material prelucrat în dimensiuni mici. Pentru tehnică, însușirile elementelor depind de felul legăturilor dintre atomi, iar la corpurile compuse din atomi diferiți, însușirile pot fi variate, deosebindu-se aici trei metode de combinație a atomilor într-un corp.

În privinţa rezistenţei electrice, la metale pure se arată că prin formarea unor cristale combinate, rezistenţa electrică se poate urca de circa 10—15 ori. Superioritatea semiconductorilor faţă de metale la utilizarea lor în electronică constă în adaosuri foarte mici dintr-o grupă a sistemului periodic în altă grupă. Diferitele combinaţii cu însuşirile lor sînt redate într-o tabelă.

Referitor la magnetism (fero- şi feromagnetism) este explicată producerea spontană acestora prin faptul că atomii posedă momente magnetice. Se insistă din acest punct de vedere asupra amplasării atomilor la fero- şi feromagneţi. Într-o figură este arătat spectrul cîmpului coercitiv şi al permeabilităţii maximale pentru diferite materiale avînd magnetism slab sau puternic, respectiv permeabilitatea mare, respectiv cîmpul coercitiv intens.

Din punctul de vedere al temperaturii sînt discutate materialele cu coeficient termic (al rezistenţei, al modulului de elasticitate şi al dilatării) anormal. În cele ce urmează sînt explicate aceste fenomene şi cauzele lor. În privinţa materialelor conducătoare de electricitate sînt arătate la cupru şi la aluminiu aliajele pentru mărirea rezistenţei mecanice fără ca în acelaşi timp să scadă conductibilitatea electrică.

Urmează discutarea materialelor pentru contacte, a metalelor pentru rezistenţă, a materialelor termoelectrice şi a celor magnetice, arătîndu-se pentru fiecare caz în parte* metalul sau aliajul cel mai adecvat pentru un anumit scop.

* În text, tabele şi nomograme

Gh. C.

CZ 621.315.337.4.001.5

H. John şi Chr. Belian. — **Măsurarea durităţii lacului pe conductoarele de cupru izolate cu lac şi avînd secţiune rotundă** (Das Messen der Lackhärte an lackisolierten Kupfer-Runddrähten. In: Elektrie, nr. 1, ianuarie 1964, p. 20—22, 1 tab. 12 diagr., 2 fig.

Pentru a măsura duritatea lacurilor izolante ale conductoarelor electrice se utilizează de multă vreme un sistem bazat pe comparaţia cu duritatea minelor de creioane KOH—I—NOOR sau Faber-Castell. Metodele de încercare sînt cuprinse în prescripţii speciale atît în Germania Federală, cît şi în R.D.G. Deoarece s-a dovedit că rezultatele încercărilor cu acelaşi model de lac, provenit însă din întreprinderi diferite, nu coincid, s-au executat examinări mai precise ale posibilităţilor de erori.

Astfel, sînt arătate în 12 diferite diagrame rezultatele unor experienţe în diferite variante: sistemul de ascuţire a minelor (manual sau pe cale electrică), aparate diferite pentru măsurat duritatea, modul de înregistrare a tensiunii de solicitare la presiune a minei, diametrul conductoarelor măsurate, grosimea lacului, numărul de măsurări necesar formării mediei la fiecare duritate etc.

S-a constatat că o anumită dispersiune în rezultate în ceea ce priveşte tensiunea de străpungere intervine chiar atunci cînd este vorba de acelaşi observator, acest fapt fiind datorit fabricaţiei.

Sînt discutate apoi diferenţele rezultatelor de măsurări (din tablou) corespunzătoare diferitelor variante de încercare. Dintre concluziile mai importante relevăm pe aceea că rezistenţa electrică a lacului creşte cu duritatea. Sînt discutate apoi amănunte privind executarea practică a experienţelor, printre altele coeficientul de subiectivitate al celui ce execută măsurarea, răzuirea lacului, respectiv tăierea lui, cu o lamă apărată cu o anumită greutate.

Gh. C.

CZ 621.316 *Reţele electrice de distribuţie*

CZ 621.316.018.14 : 621.319.4.072.2

Maevski, D. A. **Comanda succesivă a grupelor de redresoare asimetrice, metodă eficientă pentru mărirea factorului de putere al convertizoarelor reglabile** (Procednae upravlenia nessimetricinîmi ventilnîmi gruppami gluboscoreg uliruemîh preobrazovatelei). In: Izv. Vîsş. ucebn. zavedenii energhetik **6**, nr. 3, 1963, p. 42—52, 5 fig., 2 tab., 1 ref. bibl.

Punerea problemei se face simultan cu descrierea stadiului de cercetare din literatura cu referiri speciale la domeniile de realizare sau încercările întreprinse de diverşi autori pentru obţinerea unor scheme de comandă succesivă a grupurilor de redresoare asimetrice folosite în scopul îmbunătăţirii factorului de putere al convertizoarelor reglabile. Se dă: schemă în cascadă şi una în punte avînd patru elemente redresoare. Se prezintă relaţiile de calcul şi diagrama vectorială în acest caz. În continuare se indică o schemă în cascadă şi în punte în cazul folosirii a şase elemente redresoare la care se face o analiză matematică şi fizică substanţială. Din consideraţiile tehnice care se fac se ajunge la indicarea regimului optim de folosire a instalaţiei, indicîndu-se o serie de date rezultate din schemele analizate. Datele referitoare la compararea diverselor scheme de comandă sînt centralizate într-un tabel, iar soluţia optimă se ilustrează şi cu o diagramă de variaţie a puterii reactive în funcţie de gradul de reglare a tensiunii.

A.C.

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. dr. ing. Pl. Andronescu; prof. dr. ing. I. S. Antoniu, membru coresp. al Acad. R.P.R.; acad. dr. ing. A. Avramescu — redactor responsabil; ing. V. Bunea; ing. V. Ciofu; prof. dr. ing. V. Corlăteanu; ing. Al. Greceanu; ing. Şt. Grosu; conf. ing. G. Hortopan — redactor responsabil adjunct; conf. ing. G. Lazaride; ing. A. Popa; prof. ing. Cristina Popescu; ing. Vl. Popovici; acad. prof. dr. ing. R. Rădulet; ing. St. Ţiganetea; ing. R. Vlădoianu.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Ministerului Industriei Construcţiilor de Maşini şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. — Redacţia şi administraţia, Bucureşti, str. Ion Ghica nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu. Telefon: 13.84.16. Revista este editată de M.I.C.M. Abonamentele se primesc la Administraţia revistei. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicaţiile tehnice MICM — cont 026002 B.R.P.R. — Filiala 30 Decembrie, Bucureşti. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual; tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri: lei 30 anual. Costul unui exemplar lei 5. Tiparul: Intreprinderea „Informaţia", str. Brezoianu nr. 23—25, Bucureşti, c. 2473.

41 400

MŰSZAKI KÖNYVTÁR

SOMMAIRE

CD 621.3.016.25

Avramescu, A. : **Contributions roumaines en matière de compensation de l'énergie réactive et déformante.**
Electrotehnica 12, no. 6, juin 1964, p. 201–205

L'action qui a pour but de réduire la circulation des puissances réactives et déformantes dans les réseaux (réduction qui a été étudiée par les auteurs roumains) est aussi actuelle qu'au commencement du siècle. Pour le choix des moyens de compensation on doit tenir compte des progrès réalisés récemment par la technique et de l'efficacité économique des solutions adoptées. La normalisation et la standardisation de l'équipement sont les conditions nécessaires pour atteindre un haut niveau technique et économique.

CD 621.372.542.2.018.7

Bălă, C. V. : **La détermination des dimensions des filtres résonnants pour les récepteurs de puissance inductifs et déformants.**
Electrotehnica 12, no. 6, juin 1964, p. 205–213

L'auteur explique en général la nécessité des filtres dans les réseaux du système énergétique à récepteurs déformants. Il examine en détail le problème de la meilleure détermination des dimensions des filtres d'harmoniques pour une capacité constante de la batterie de condensateurs et, respectivement, pour une puissance réactive constante. Dans la dernière partie de l'article on examine e problème de la détermination des dimensions principales optima de la bobine de réactance, en tenant compte des pertes spécifiques strictement permises (imposées par les conditions du refroidissement) ou du facteur optimum de qualité. Les solutions sont données pour chaque cas séparément.

CD 621.318.4.012.027.5

Bereu, A. : **Le schéma intérieur optimum de connexion pour les condensateurs de force de moyenne tension.**
Electrotehnica 12, no. 6, juin 1964, p 213–218

On examine les schémas des connexions intérieures des condensateurs de force de moyenne tension, du point de vue de la sûreté dans l'exploitation, et on étudie la possibilité de protéger chaque section par un coupe-circuit à fusible. On dresse le meilleur schéma, qui présente une grande sûreté dans l'exploitation, et on décrit les constructions réalisées en Roumanie pour la tension de 6,3 kV.

CD 621.319.42.016.25

Checiulescu, M. : **Batteries de condensateurs à éléments typisés pour la compensation de l'énergie réactive dans les réseaux roumains de basse et moyenne tension.**
Electrotehnica 12, no. 6, juin 1964, p. 218–227

L'auteur présente les formes des éléments typisés dont les principales caractéristiques ont été établies à la suite d'une étude technique et économique, et donne plusieurs exemples de réalisation de batteries de condensateurs à l'aide de ces éléments. Pour l'estimation du coût de l'équipement on calcûle une série d'indices et on discute leur variation par rapport à la spécificité et à la puissance de la batterie.

CD 621.3.016.313

Rothman, A. : **La symétrisation des réseaux électriques, un problème de valeurs propres.**
Electrotehnica 12, no. 6, juin 1964, p. 227–236

On décrit synthétiquement les divers systèmes de symétrisation et on explique comment on peut passer d'un système à l'autre. On montre que ces systémes forment un groupe et on donne les expressions des matrices dans le calcul de transformation, pour passer du système triphasé aux différents systèmes de symétrisation. On explique que le problème de la symétrisation n'est qu'un problème de décomposition spectrale, c'est-à-dire d'obtention d'une forme diagonale pour la matrice des impédances.

COMPTES RENDUS 236–238

EXTRAITS 239–240

TITLURI DOCUMENTARE

CZ 621.3 ELECTROTEHNICA GENERALA

CZ 621.3.066.6

Duszynska, E. şi *Kaczmarek, J.* : **Posibilităţi de mărire a duratei de funcţionare a contactelor.** In : Wiad. Elektrotechn. **31**, nr. 7, iul 1963, p. 155—156.

CZ 621.3.066.6

Höft, H. : **Duritatea de contact şi suprafaţa reală de contact.** In : Elektrie **17**, nr. 8, aug 1963, p. 258—261, 6 fig., 14 ref. bibl.

CZ 621.3.045.53

Smith, I. R. ; **Un nou tip de bobinaj trifazat.** In: Electrical Times **144**. nr. 12, sept 1963, p. 369—372.

CZ 621.3.049.7 – 181.4 : 539.23

Manfield, G. H. : **Perfecţionarea rezistenţelor şi condensatoarelor elaborate din pelicule subţiri şi utilizate la microcircuite.** In : Electronic Engineering **35**, nr. 427, sept 1963, p. 588—594, 7 fig., 1 tabl., 10 ref. bibl.

CZ 621,3.049.7 – 181.4 : 539.23

Manfield, G. H. : **Procedee fotomecanice pentru realizarea circuitelor-macrominiaturizate.** In : Electronic Engineering **35**, nr. 426, aug 193, p. 520—524, 5 fig., 1 tabl., 4 ref. bibl.

CZ 621.313. MAŞINI ELECTRICE

CZ 621.313.043.2..045 :658.56

Moravec, M. şi *Wohlfahrt, O.* : **Controlul de calitate a izolării bobinelor statorice a maşinilor de înaltă tensiune rotitoare.** In : Bull. ASE. **54**, nr. 8, 1963, p. 279—288, 10 fig., 1 tabl., 12 ref. bibl.

CZ 621.313.047.43

Fialkov, A. S. şi *Vilkin, M. A.* : **Studiu asupra contactului alunecător la funcţionarea periilor de colectoare de cărbune grafitat.** In : Elektrotehnika **34**, nr. 9, sept 1963, p. 17—20, 7 fig., 10 ref. bibl.

CZ 621.313.2.047.4

Gluşkin, A. I. şa. : **Funcţionarea contactului periilor la maşinile electrice în condiţii de densitate mare a curentului.** In : Elektrotehnica **34**, nr. 9, sept 1963, p. 20—25, 9 fig., 1 tabl., 5 ref. bibl.

CZ 621.313.3 : 621.317.333

Reimer, C. şi *Pörsch, H.* : **Rezistenţa izolaţiei motoarelor de curent alternativ de mărime medie cînd sînt puse în funcţiune.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ—A) **84**, nr. 19, 23 sept 1963, p. 628—633, 3 fig., 3 tabl., 9 ref. bibl.

CZ 621.313.322.013.8

Schuisky, W. : **Determinarea excitaţiei maşinilor asincrone.** In : Elektrotehn. Z. (ETZ—A), **84**, nr. 10, 20 mai 1963, p. 317—321, 6 fig., 1 tabl., 8 ref. bibl.

CZ 621.313.333 : 621.316.71

Lamac, J. şi *Zoubek, R.* : **Regulatoarele de viteză şi poziţie cu servomotoare mici cu două faze.** In : Automatizace **6**, nr. 12, dec 1963, p. 306—310, 14 fig.

CZ 621.313.333.025.1

Watts, J. L. : **Motoare de inducţie cu condensator.** In : Electr. Rev. **173**, nr. 6, 9 aug 1963, p. 195—198, 10 fig., 1 tabl.

CZ 621.313.392

Düchting, W. : **Determinarea celei mai favorabile dimensiuni de rotor pentru motoarele trifazate cu reluctanţă.** In ; Electrotehn. Z. (ETZ—A) **84**, nr. 10, mai 1963, p. 321—325, 10 fig., 8 ref. bibl.

CONTENTS

DC 621.3.016.25

Avramescu, A. : **Roumanian contributions to the compensation of reactive and distorsing power.**

Electrotehnica 12, nr. 6, june 1964, p. 201–205

The struggle for reducing the circulation of the reactive and distorsing powers in networks, studied by Roumanian authors, is of present interest today as it was at the beginning of the century. In choosing the compensation means, one should take into account the technical advance achieved lately and the economical efficiency of the solutions. The normalization and standardization of the equipment are indispensable conditions for reaching a high technical and economic level.

DC 621.372:542.2.018.7

Bălă, C. V. : **The dimensioning of resonant filtres for inductive and distorsing power receivers.**

Electrotehnica 12, nr. 6, june 1964, p. 205–213

After some general considerations concerning the necessity of the filters in networks with distorsing receivers, the author discusses in detail the problem of the optimum dimensioning of harmonic filters at constant capacity of the condenser battery, respectively at constant reactive power. The last part of the article is devoted to the determination of the main optimum dimensions of the coil reactance with maximum admissible specific losses (imposed by the cooling conditions,) respectively with optimum quality factor, establishing the solutions for each particular case.

DC 621.318.4.012.027.5

Bereu, A. : **The optimum internal connecting diagram for medium tension power condensers.**

Electrotehnica 12, nr. 6, june 1964, p. 213–218

Internal connecting diagrams of medium tension power condensers are studied from the viewpoint of exploitation safety as related to the possibility of protecting each section with a fusible cut-out at the interior. A conclusion is reached concerning the optimum diagram with a high degree of exploitation safety. The constructions achieved in the R.P.R. for the 6,3 kV tension are presented.

DC 621.319.42.016.25

Checiulescu, M. : **Condenser batteries with typified elements for the compensation of the reactive power in the lowand medium tension networks of the R.P.R.**

Electrotehnica 12, nr. 6, june 1954, p. 218–227

One presents the constructive forms of the typified elements whose main charateristics resulted from a technical and economic study and some examples are given to illustrate the achievement of condenser batteries based on these constructive elements. A series of indexes are established for estimating the cost of the equipment, discussing their variation with battery type and power.

DC 621.3.016.314

Rothman, A. : **The symmetrization of electrical networks as proper value problem.**

Electrotehnica 12, nr. 6, june 1964, p. 227–236

After syntheticaly presenting the different symmetrization systems used as yet, one explains the way of passing from one to another system. These symmetrization systems are shown to form a group and the expressions are given of matrices on transformation for the passage from the three-phase system to different symmetrization systems. The symmetrization problem is shown to be reductible to a spectral decomposition problem i.e. to the diagonalization of impedance matrices.

REVIEWS 236–238

ABSTRACTS 239–240

CZ 621.314. TRANSFORMAREA ENERGIEI ELECTRICE. TRANSFORMATOARE. CONVERTIZOARE. REDRESOARE

CZ 621.314.22.08

Klingler, H. : **Siguranţa de funcţionare a transformatoarelor de măsură, după o durată lungă de funcţionare.** În : Electr. Wirstch. **60**, nr. 16, 20 aug 1963, p. 619—622, 6 fig., 1 tabl., 5 ref. bibl.

CZ 621.314.5/6.004.2

Galuzo, A. D. : **Exploatarea montajelor în serie a redresoarelor cu vapori de mercur.** In : Jeleznodoroynii transport **45**, nr. 8, aug 1963, p. 69—72, 4 fig.

CZ 621.314.63 : 621.382

Gillon, E. : **O perfecţionare recentă a redresoarelor cu semiconductori : redresorul cu siliciu comandat.** In : Energie, nr. 162, trim. I, 1963, p. 31—37, 10 fig.

CZ 621.315 TRANSMISIA ENERGIEI ELECTRICE. MATERIALE IZOLANTE

CZ 621.315.616.96 : 678.06

Badian, L. : **Materiale dielectrice din răşini epoxidice.** In : Przegl. Elektrotechn. **39**, nr. 8, aug 1963, p. 281—283, 2 ref. bibl.

CZ 621.315.616.96 : 678.06

Drys, B. şi *Hochman, I.* : **Conductivitatea termică şi dilatarea termică a răşinilor turnate, întărite.** In : Przegl. Elektrotechn. **39**, nr. 8, aug 1963, p. 284—287, 6 fig., 4 tabl., 4 ref. bibl.

CZ 621.315.668.2 – 218.2 : 551.312.2

Zodel, F. : **Piloni metalici cu fundaţii masive în grile în terenurile mlăştinoase.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ—B) **15**, nr. 12, 10 iunie 1963, p. 422—423, 4 fig.

CZ 621.315.687.027.51 : 621.315.616.96

Ninausz, I. : **Folosirea unei răşini poliesterice cu solidificare la rece, în armăturile de cabluri cu tensiune nominală de 1 kV.** In : Villamossàg **11**, nr. 9, sept 1963, p. 258—267, 11 fig., 7 tabl. 11 ref. bibl.

CZ 621.317 TEHNICA MĂSURILOR ELECTRICE. APARATE DE MĂSURĂ.

CZ 621.317.2 : 621.317.7.089.6

Klistorin, I. F. şi *Starţeva, V. I.* : **Instalaţia semiautomată pentru etalonarea şi verificare aparatelor de măsurat.** In : Priborostroenie, nr. 8, aug 1963, p. 27—28, 1 fig. 4 ref. bibl.

CZ 621.317.32.083.5

Tarasov, I. A. : **Dispozitiv pentru compararea tensiunilor echipat cu semiconductori.** In : Priborostroenie, nr. 8, aug 1963, p. 17—18, 1 fig., 4 ref. bibl.

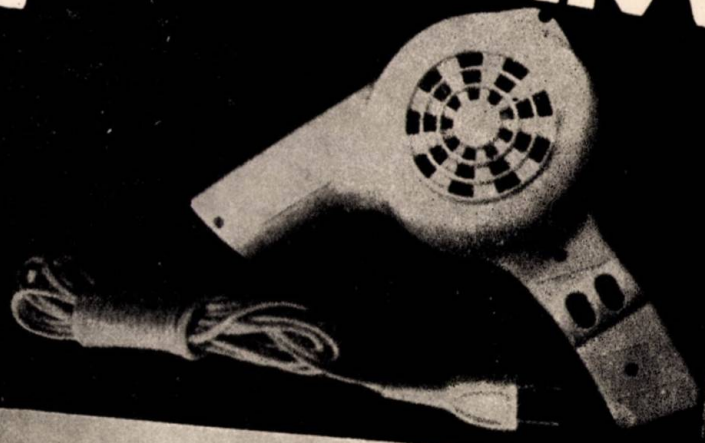
CZ 621.317. 333.024

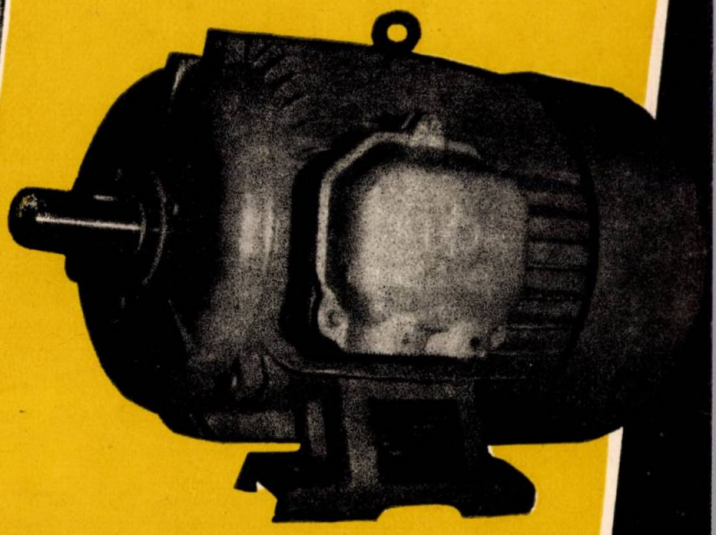
Tagg, G. F. : **Metodă de încercare a izolaţiilor în curent continuu.** In : Proc. I.E.E. **110**, nr. 7, iul 1963, p. 1 243—1 248, 10 fig., 15 ref. bibl.

CZ 621.317.64

Lebée, *G.* ş. a. : **Studiu şi realizarea unui debitmetru electromagnetic cu cîmp rectangular.** In : R.G.E. **72**, nr. 9, sept 1963, p. 439—443.

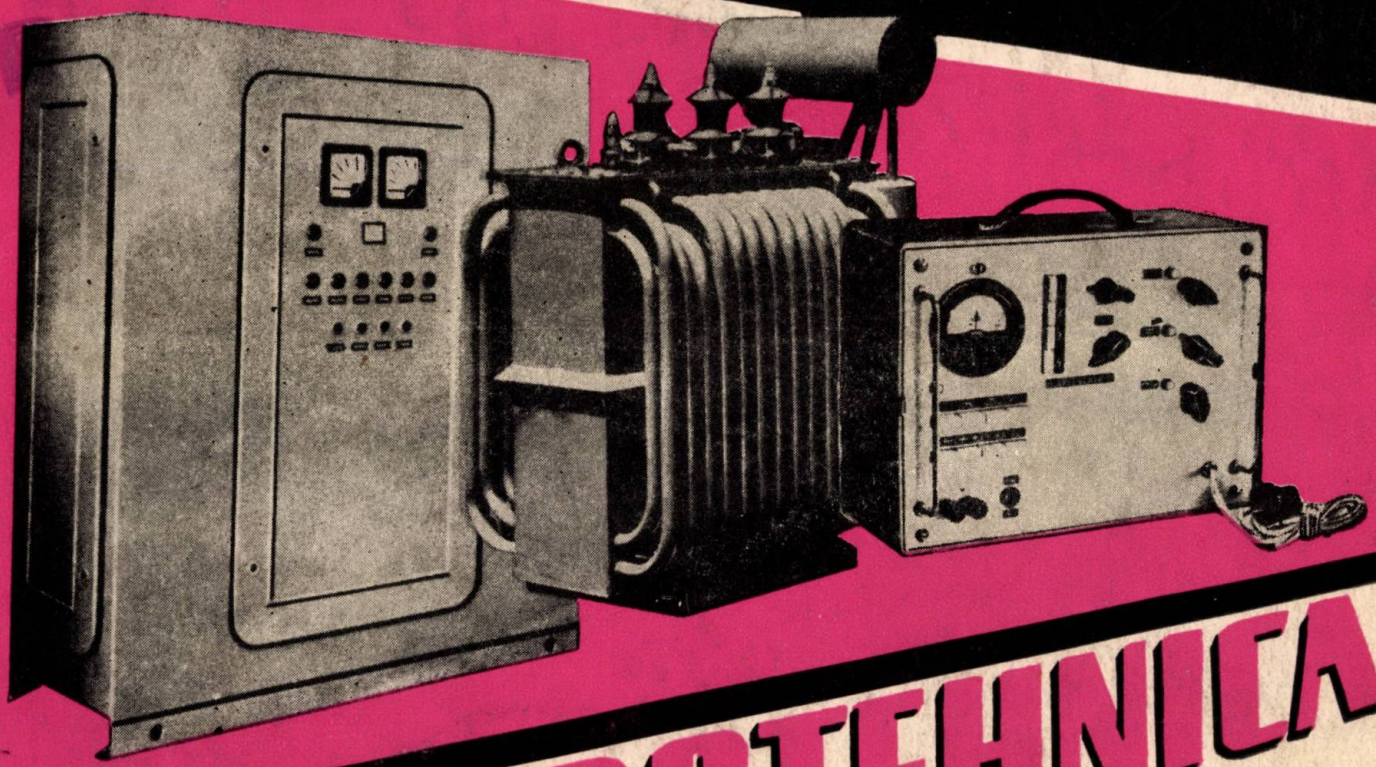
Întreprinderea ELECTROMOTOR TIMIȘOARA





Execută

- **motoare electrice asincrone trifazate, cu rotorul în scurtcircuit, protecție IP 44, de 4—30 kW**
- **aspiratoare de praf tip „Record"**
- **uscătoare de păr tip „Zefir"**
- **ventilatoare de masă**



ELECTROTEHNICA

Aparat Pantostat

$U = 110 - 220$ V; $P = 50$ W; $f = 2 - 180$ Hz.

Tablou de comandă pentru concasoare giratorice tip TCCG — exterior

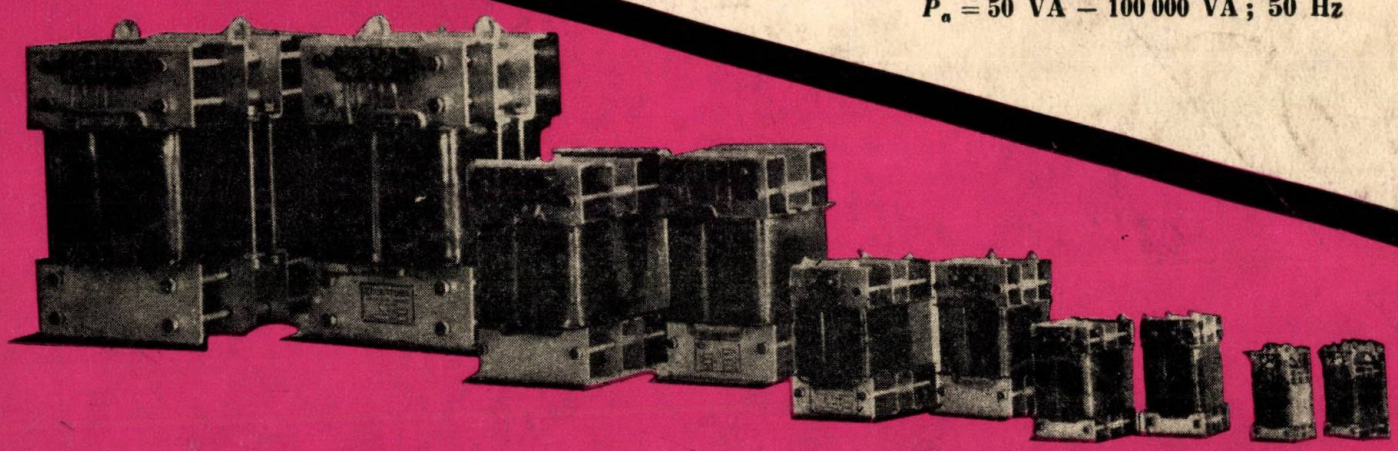
$U = 500/380/220$ V; $P = 62$ kW.

Transformator trifazat de putere destinat exportului

200 kVA; 10 000/400/231 V
$Y_{so} - 0$; $U_k = 4\%$; reglaj $\pm 5\%$, în ulei
$P_o = 1\,075$ W; $P_k = 4\,800$ W;

Seria unitară de amplificatoare magnetice

$P_a = 50$ VA $- 100\,000$ VA; 50 Hz

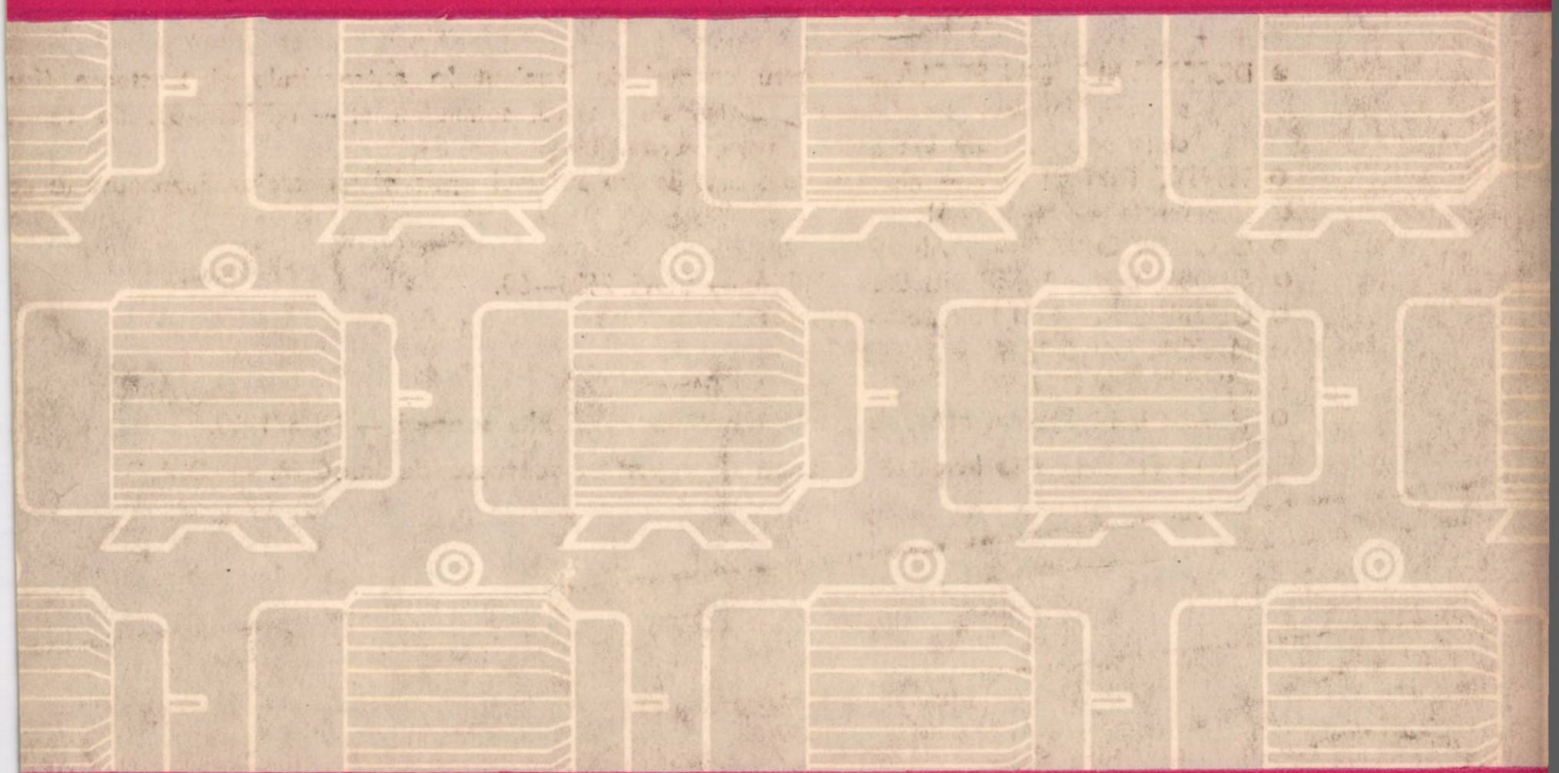


E2040

R

ELECTROTEHNICA

REFERÁLVA



Electrotehnica • București • Anul 12 • nr. 7 • P. 241 — 276 • iulie 1964

7

YI

I.I.S Steaua Electrică FIENI

produce:

- DISPERSOARE DIN STICLĂ – pentru corpuri de iluminat la autovehicule și tractoare (far stopuri, iluminat bord, scală, lămpi de control semnalizare) — NI-1056-61. Se execu clare sau colorate în : galben, roșu, verde.
- LENTILE DIN STICLĂ — clare și colorate, pentru sistemul optic al semnalelor luminoase la că ferate — NI-1063-61.
- GLOBURI OPALE — STAS 2249—59.
- GLOBURI ȘI APĂRĂTORI DIN STICLĂ — STAS 2636—60.
- GLOBURI PENTRU LUSTRE — NI 61-62
- PLAFONIERE OPALE — NI 685-58.
- APĂRĂTORI DIN STICLĂ CLARĂ — NI 868-60.
- TUBURI DIN STICLĂ PENTRU FIRME LUMINOASE și alte scopuri — NI 871-60.

Produsele se livrează pe bază de repartiție acordată de M.I.C.M. — D.A.D.

ELECTROTEHNICA

Anul 12 nr. 7 iulie 1964

CUPRINS

CZ 621.314.212.014.32

Cîrstea, D. : **Determinarea experimentală a forţelor axiale în transformatoarele de putere.**

Electrotehnica 12, nr. 7, iulie 1964, p. 241–249

După o analiză critică a metodelor experimentale propuse în acest scop se prezintă metodologia folosită şi experienţa acumulată de autor la cercetarea repartiţiei componentei radiale a inducţiei magnetice, respectiv a eforturilor axiale, pe diferite tipuri de transformatoare de putere.

CZ 621.315.33.045.12:621.315.612.7.002.2

Giurcanu, C. : **Contribuţii la procesul de tratament termic (polimerizarea) la emailarea conductoarelor.**

Electrotehnica 12, nr. 7, iulie 1964, p. 250–258

Se examinează procesul de emailare a conductoarelor pentru bobinaj, din punctul de vedere al transmiterii căldurii pentru polimerizarea peliculei de email. Se descrie metoda de emailare a conductoarelor la care prima trecere este supusă la un tratament termic cu o temperatură mai ridicată sau o durată de tratament termic mai lungă faţă de ultima, iar trecerile intermediare la temperaturi sau durate intermediare.

Se trage concluzia că teoretic această metodă de emailare asigură viteze mari la emailare şi produse de bună calitate, în special la conductoarele groase.

CZ 621.318.35 :621.316.549.001.24

Engher, E. şi *Tomoiagă, R.* : **Cu privire la parametrii de proiectare a electromagneţilor de acţionare a contactoarelor de curent alternativ.**

Electrotehnica 12, nr. 7, iulie 1964, p. 259–265

Se prezintă experimentări care au dus la stabilirea unor parametri de proiectare care ţin seamă nu numai de regimul static, ci şi de fenomenele care apar în procesul dinamic. Prima parte a lucrării prezentată în numărul de faţă se referă la remanenţa magnetică şi la căile de înlăturare a efectelor negative.

CZ 621.318.22 :669.14.018.583

Bălănoiu, M. şi *Şontea, S.* : **Metode metalografice aplicate la controlul calităţii tablelor silicioase.**

Electrotehnica 12, nr. 7, iulie 1964, p. 265–267

Se tratează unele metode metalografice aplicate de autori pentru cercetarea incluziunilor nemetalice, a microstructurii şi a mărimii grăunţilor la tablele silicioase.

DISCUŢII 268–271

RECENZII 271–273

REFERATE 273–275

INVENŢII 275–276

RECOMANDĂRI
pentru autori

1. Lucrările care pot fi prezentate spre publicare sînt : de importanţă generală, tehnico-ştiinţifice speciale, teoretice sau experimentale şi tehnice obişnuite.

2. Lucrările vor fi axate pe aducerea la îndeplinire a sarcinilor trasate de Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. — îndeosebi introducerea tehnicii noi, ridicarea calităţii produselor, reducerea preţului de cost, creşterea productivităţii muncii etc. Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învăţămînt, producţie este condiţia esenţială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuţie să se refere la probleme noi şi actuale de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde consideraţii privind eficienţa economică a soluţiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.

3. Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

4. Lucrările care au mai fost publicate integral sau parţial nu pot fi trimise redacţiei spre publicare.

5. Un scurt rezumat, fixînd premisele de la care s-a pornit problema studiată şi cadrul în care este tratată, nedepăşind 4—5 rînduri, va fi anexat lucrării.

6. In introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei şi în preocupările producţiei ; de asemenea, se arată scopul lucrării subliniindu-se contribuţia autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permiţînd inteligibilitatea fără dificultăţi a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstraţii voluminoase ; de asemenea, se va evita repetarea în text a aceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic — ilustrativ, tabele etc.

7. Concluziile vor concentra rezultatele obţinute cu indicarea limitei de valabilitate şi aplicaţiile posibile.

8. Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmaţiile luate din alte lucrări şi care nu sînt în general cunoscute.

9. Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înţelegerii raţionamentului.

10. Se recomandă o atenţie deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii şi exponenţii se vor scrie mai mici decît baza şi aşezaţi mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă, literele majuscule, minuscule sau cele ruseşti, romane, greceşti, germane etc.

11. Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cum şi figuri sau tabele), atît cele speciale cît şi cele generale. Se vor indica toate datele în transcripţii originale. Pentru cărţi : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual şi tradus, în paranteză), ediţia, editorul, locul editurii, anul. Pentru articole : numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet original (eventual şi tradus, în paranteză), revista, volumul, luna, numărul, anul, paginile.

12. Scrisul la maşină al articolelor este recomandat cu insistenţă, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic.

Se scrie pe o singură pagină-faţă, la două rînduri (2 000 semne de pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.

13. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicaţii.

14. Articolele se trimit cu o notă însoţitoare pe adresa redacţiei. In notă se vor indica : titlul, funcţiile, localitatea şi adresa domiciliului, numărul de telefon.

15. Lucrările executate în cadrul diverselor instituţii sau organizaţii vor purta aprobarea acestora pentru publicare.

16. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări în corectură faţă de manuscris.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.314.212.014.32

Кырстя, Д.: **Экспериментальное определение осевых сил у силовых трансформаторов.**

Electrotehnica, 12, № 7, июль 1964 г, стр. 241–249

После критического анализа экспериментальных методов, предложенных для данной цели, приводятся применяемая методология и накопленный автором опыт при исследовании распределения радиальной составляющей магнитной индукции, соответственно осевых сил на различных типах силовых трансформаторов.

ДК 621.315.33.045.12 :621.315.612.7.002.2

Жиуркяну, К.: **Относительно процесса термической обработки (полимеризации) при эмалировании проводников.**

Electrotehnica, 12, № 7, июль 1964 г, стр. 250–258

Рассматривается процесс эмалирования проводников для обмотки с точки зрения передачи тепла для полимеризации эмальевой плёнки. Приводится описание способа эмалирования проводников, у которых первый проход подвергается термической обработке при более высокой температуре или более длительной выдержке по отношению последнего, а промежуточные проходы — при промежуточных температурах или выдержках.

Автор заключает, что теоретически данный метод эмалирования обеспечивает высокие скорости при эмалировании и продукты хорошего качества, особенно у проводников большого сечения.

ДК 621.318.35 :621.316.540.001.24

Енгер, Е. и *Томояга, Р.* **К вопросу проектных параметров приводных электромагнитов замыкателей переменного тока.**

Electrotehnica, 12, № 7, июль 1964 г, стр. 259–265

Приводятся эксперименты, приведшие к определению ряда проектных параметров, учитывающих не только статический режим, но и явления, которые наблюдаются в динамическом процессе. Первая часть работы, представленная в настоящем номере журнала относится к магнитной остаточности и к путям устранения отрицательных эффектов.

ДК 621. DK 318.22 :669.14.018.583

Бэлтэною, М. и *Шонтеа, С.*: **Металлографические методы, применяемые при контроле качества кремнистого железа.**

Electrotehnica, 12, № 7, июль 1964 г, стр. 265–267

Рассматриваются некоторые металлографические методы, применяемые автором для исследования неметаллических включений, микроструктуры и вопрос увеличения зёрен в листах из кремнистого железа.

ДИСКУССИИ 268–271

РЕЦЕНЗИИ 271–273

РЕФЕРАТЫ 273–275

ИЗОБРЕТЕНИЯ 275–276

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.314.212.014.32

Cirstea, D.: **Die experimentelle Bestimmung der Axialkräfte der Leistungstransformatoren.**

Electrotehnica 12, H. 7, Juli 1964, S. 241–249

Nach einer kritischen Analyse der experimentellen zu diesem Zweck vorgeschlagenen Verfahren, wird die vom Verfasser verwendete Methode und die von ihm gesammelten Erfahrungen, bezüglich der Untersuchung der Verteilung von Radialkomponenten der Induktion, bzw. der Axialkräfte für verschiedene Leistungstransformatoren vorgelegt.

DK 621.315.33.045.12 :621.315.612.7.CC2.2

Giurcanu, C.: **Beitrag zum Wärmebehandlungsverfahren (Polymerisierung) bei der Emailumhüllung der Drähte.**

Electrotehnica 12, H. 7, Juli 1964, S. 250–258

Es wird die Emaillierungsmethode derjenigen Drähte bei denen der erste Durchgang einer Wärmebehandlung unter höheren Temperaturen oder einer längeren Wärmebehandlungsdauer gegenüber des letzten, und die Zwischendurchgänge bei den Zwischentemperaturen oder dazwischen liegenden Wärmebehandlungsdauern unterworfen werde, auseinandergesetzt.

Man gelangt zu der Schlussfolgerung dass diese Methode grössere Geschwindigkeiten bei der Emaillierung und gute Qualitäten, besonders für dicke Drähte gewährleistet.

DK 621.318.35 :621.316.540.001.24

Engher, E. und *Tomoiagă, R.*: **Über die bei der Projektierung von Elektromagneten zur Betätigung von Wechselstromschützen angewandten Parametern.**

Electrotehnica 12, H. 7, Juli 1964, S. 259–265

Es werden Versuche die zu der Bestimmung einiger Projektierungsparametern, die nicht nur das statische Verhalten, sondern auch die dynamischen Vorgänge berücksichtigen, vorgelegt.

Der erste Teil des Aufsatzes, der in diesem Heft erscheint, bezieht sich auf die magnetische Remanenz, und auf die Mittel und Wege, die zu der Aufhebung der schädlichen Wirkung derselben führen.

DK 621.318.22 :669.14.018.583

Bältănoiu, M. und *Şontea, S.*: **Metallographische Methoden die zur Qualitätskontrolle der legierten Bleche verwendet werden.**

Electrotehnica 12, H. 7, Juli 1964, S. 265–267

Es werden einige metallographische Methoden behandelt die von den Verfassern bei der Bestimmung der in den Blechen befindlichen nichtmetallischen Einschlüssen, der Mikrostruktur, und der Korngrösse der legierten Bleche, verwendet werden.

BESPRECHUNGEN 268–271

REZENSIONEN 271–273

REFERATE 273–275

ERFINDUNGEN 275–276

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

Anul 12 nr. 7 București, iulie 1964

Determinarea experimentală a forțelor axiale în transformatoarele de putere

Dumitru Cîrstea * — Craiova

CZ 621.314.212.014.32

Cunoașterea eforturilor axiale, ca valoare și repartiție, în transformatoarele de putere este absolut necesară pentru a putea adopta o repartiție judicioasă a înfășurărilor și a lua măsurile constructiv-tehnologice necesare pentru a realiza construcții economice de transformatoare, rezistente totodată la solicitări în scurtcircuit. În ultimul timp s-a acordat o atenție deosebită nu numai metodelor de calcul, ci și metodelor experimentale de determinare a eforturilor de scurtcircuit pe cale directă sau indirectă. Pe lîngă faptul că sînt mai operative, furnizează totodată date mai sigure pentru verificarea ipotezelor adoptate în metodele de calcul.

În ultimul timp s-au propus numeroase metode experimentale de determinare a eforturilor axiale, unele dintre ele avînd un domeniu limitat de utilizare, iar altele, mai mult un caracter de noutate.

La uzinele „Electroputere" — Craiova s-a stabilit o metodologie de încercare pentru cercetarea repartiției forțelor axiale pe diferite tipuri de transformatoare. Înainte de a prezenta rezultatele obținute, se consideră necesară o analiză critică a metodelor propuse pînă în prezent.

Metode experimentale folosite la determinarea forțelor axiale și a deplasării bobinajelor. Analiză critică

1. Metoda Waters [*1*]. Metoda propusă se bazează pe măsurarea componentei radiale a cîmpului magnetic de dispersie. Cunoscînd inducția radială se poate calcula forța axială exercitată asupra unui element de înfășurare ales convenabil, iar prin însumarea forțelor elementare se obține forța axială totală (cumulată). Măsurarea are la bază legea fluxului magnetic : diferența dintre fluxurile axiale prin suprafețele frontale ale unui cilindru este egală cu fluxul radial prin suprafața laterală a cilindrului.

Măsurînd deci fluxul magnetic axial într-un transformator la două înălțimi învecinate de-a lungul înfășurărilor și efectuînd diferența celor două valori, se obține valoarea medie a fluxului radial, pe elementul de bobinaj cuprins între cele două înălțimi. Componentele axiale ale fluxului magnetic se obțin prin măsurarea directă a tensiunilor induse în înseși elementele bobinajului (galeți, spire), transformatorul fiind alimentat în scurtcircuit.

Tensiunea se poate măsura cu un voltmetru obișnuit de sensibilitate corespunzătoare sau folosind un montaj în punte, care mărește precizia măsurărilor. Avantajul principal al metodei constă în faptul că, pentru măsurarea inducției radiale, nu sînt necesare sonde speciale, în acest scop fiind folosit însuși bobinajul. Are însă mai multe dezavantaje, și anume :

— componenta radială a fluxului magnetic nu se măsoară direct, ci se obține prin diferența a două valori mari (valorile fluxurilor axiale) și relativ apropiate, ceea ce micșorează precizia rezultatelor ;

— măsurările la extremitățile bobinajului, cele mai importante din punctul de vedere al eforturilor, nu se pot executa decît cu mare aproximație ;

— metoda se poate aplica numai bobinajelor concentrice stratificate ;

— metoda nu permite obținerea repartiției eforturilor de-a lungul spirei.

Ținînd seamă de dezavantajele arătate, această metodă nu poate fi aplicată cu succes la verificări de serie mare. În majoritatea cazurilor, atît Waters cît și alți experimentatori au folosit această metodă pe transformatoare special construite (spire multe, același număr de spire în primar și secundar etc.) pentru studiul eforturilor axiale în diferite condiții, în scopul

* Ing. *D. Cîrstea* lucrează la uzinele „Electroputere" — Craiova.

verificării metodelor de calcul folosite și mai rar pe transformatoare obișnuite.

2. Metode cu bobină-sondă de dimensiuni mici [2], [3]. Conform acestei metode se măsoară componenta radială a inducției magnetice, direct cu ajutorul unei bobine-sonde de dimensiuni reduse. Se folosesc două tipuri de astfel de sonde:

a) sonde plate formate dintr-un singur strat de spire din sîrmă subțire (cu diametrul de 0,03—0,05 mm), lipit pe un suport de hîrtie; are însă dezavantajul că se realizează cu un număr relativ mic de spire și rezultă deci o tensiune indusă mică, greu de măsurat cu precizia cerută;

b) sonde cu mai multe straturi bobinate pe un suport izolant. Prin această metodă se obține valoarea medie a componentei radiale a inducției pe o suprafață de 80—200 mm². Metoda prezintă următoarele avantaje:

— permite determinarea repartiției eforturilor, atît de-a lungul bobinajului, cît și de-a lungul spirei, inclusiv pentru extremitățile bobinelor;

— avînd dimensiuni mici, se poate introduce în canale (deși cu mari dificultăți), putînd astfel determina inducția radială și pe celelalte suprafețe din interiorul bobinajelor;

— permite, de asemenea, determinarea repartiției componentei axiale a cîmpului de scăpări, deci a eforturilor radiale;

— asemenea bobină-sondă permite automatizarea procesului de ridicare a curbelor de repartiție a cîmpului magnetic [4]; pentru aceasta, bobina se fixează pe un suport glisant, antrenat printr-un sistem special de transmisie, de un motor (de preferință sincron); semnalul cules de la o sondă prin intermediul unui redresor mecanic sensibil la fază sau direct, se înregistrează cu ajutorul unui oscilograf magnetoelectric; înfășurătoarea oscilogramei astfel obținute la o anumită scară, reprezintă întocmai densitatea liniară a forței axiale ca mărime și fază.

La înclinarea axei bobină-sondă în raport cu planul spirelor înfășurării pot apărea erori mari îndeosebi în zonele în care componenta axială a cîmpului magnetic de dispersie are valori mari în comparație cu componenta radială.

Automatizarea ridicării directe a curbei repartiției componentelor cîmpului magnetic necesită o instalație relativ complicată.

3. Metoda cu bobină-sondă de dimensiuni mari [5]. Pentru a evita erorile cauzate de dimensiunile reduse ale bobinei-sondă s-au utilizat sonde cu o suprafață mare (1 000—5 000 cm²).

Tensiunea indusă se măsoară cu voltmetrul electronic. Cunoscînd numărul de spire al bobinei se obține repartiția inducției radiale și deci repartiția forțelor axiale.

Față de avantajul că permite măsurarea cu precizie a repartiției componentei radiale (deci și a forțelor axiale) de-a lungul bobinajului inclusiv în zonele de capăt, prezintă cîteva dezavantaje:

— nu permite determinarea repartiției forțelor axiale de-a lungul spirei;

— face posibilă măsurarea cu ușurință a inducției numai la suprafața bobinajului exterior. Pe suprafețe interioare se pot fixa astfel de sonde la montarea bobinajului și, după încercări, se înlătură; în acest caz trebuie acordată o atenție deosebită izolării sondelor;

— metoda nu se poate aplica pentru măsurarea eforturilor radiale;

— nu permite automatizarea înregistrării repartiției inducției de-a lungul bobinajului.

Cu toate inconvenientele, această metodă este folosită cu succes la determinarea repartiției forțelor axiale de-a lungul bobinajului.

4. Metoda Festl [6]. Folosind această metodă, se determină variația reactanței de scăpări a înfășurărilor în funcție de denivelarea cauzată de scoaterea porțiunilor de reglaj din circuitul înfășurărilor. Metoda prezintă multe dezavantaje așa cum se arată în [7].

5. Metoda Waters pentru verificarea deplasării axiale a înfășurărilor transformatoarelor [8]. Metoda propusă în mai multe variante permite determinarea deplasării axiale a centrelor suprafețelor determinate de curbele solenațiilor celor două înfășurări ale unui transformator. La executarea și montarea bobinelor pot să apară deplasări inițiale care, în urma unui scurtcircuit, se amplifică și duc la apariția unor forțe axiale de deplasare considerabile.

Metoda se bazează, de asemenea, pe legea fluxului magnetic [2]. În cazul în care cele două bobinaje nu sînt deplasate și solenațiile sînt repartizate uniform, curba de variație a tensiunii pe spiră indusă de componenta axială a cîmpului magnetic de-a lungul înfășurării este simetrică față de mijloc, la capete avînd tensiuni egale și de același sens. O dată cu deplasarea centrelor celor două bobine, această curbă se deformează la capete, obținîndu-se tensiuni pe spiră de valoare diferită și, eventual, de sens opus (fig. 1).

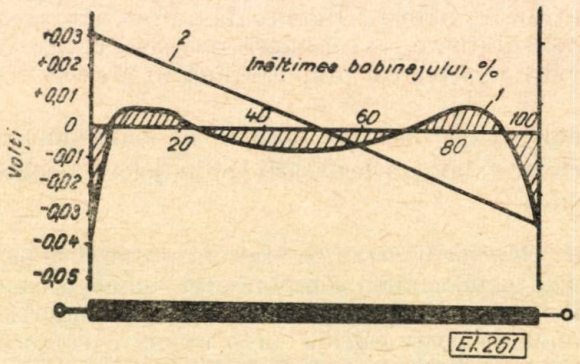


Fig. 1. Variația pe spiră de-a lungul bobinajului:
1 — înfășurări fără deplasare inițială; *2* — înfășurări cu deplasare mică (curba datorită numai deplasării).

Tensiunea pe spire se poate obține folosind bobine-sondă sau înseși spirele înfășurării accesibile, folosind schemele speciale propuse în [8]. Metoda prezintă dezavantajele arătate la punctul 2 și poate fi aplicată cu precizie numai la verificarea deplasării bobinajelor transformatoarelor în galeți, la care capetele și mijlocul bobinajului exterior sînt accesibile. La transformatoarele cu bobinaje concentrice în mai multe straturi se poate aplica însă cu precizie mult micșorată. O eroare minimă se obține la transformatoarele care au ambele înfășurări repartizate uniform.

Utilitatea și precizia acestei metode propuse pentru transformatoarele de construcție curentă urmează să fie hotărîte în practică.

6. Metoda măsurării directe a forțelor axiale în transformatoare cu ajutorul traductoarelor piezoelectrice [9]. Prin metodele anterior prezentate se măsurau direct, nu forțele axiale, ci componenta radială a inducției magnetice pe baza căreia se pot calcula aceste forțe. Această metodă amănunțit expusă în [7], [9] permite măsurarea directă a forțelor axiale cumulate. Prezintă avantajul că încercarea se execută cu transformatorul în scurtcircuit aproximativ la valoarea

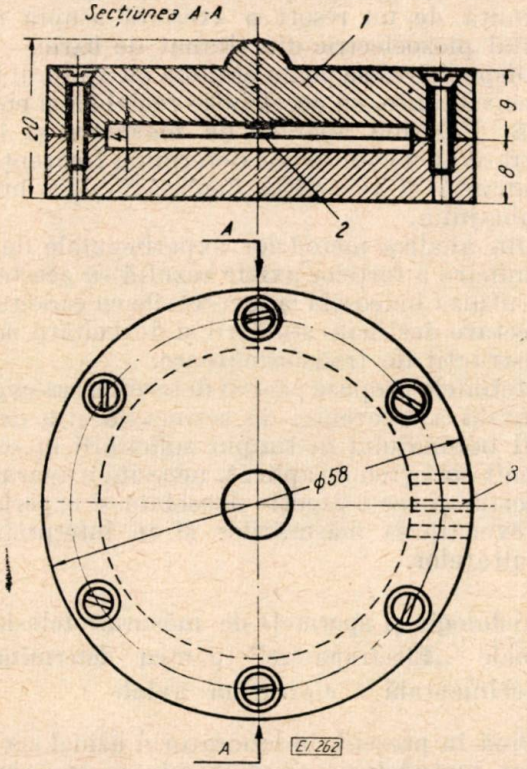


Fig. 2. Dinamometru tensometric folosit la măsurarea eforturilor axiale pe un transformator de 750 kVA [10]:
1 – partea elastică ce preia efortul și pe care se lipește în interior marca tensometrică; *2* – lamelă-suport pentru marca de compensare; *3* – canal pentru conexiuni.

nominală a curentului, utilizîndu-se deci sursele existente în mod normal la standurile de probă. Posibilitățile de montare a traductoarelor permit măsurarea numai a forței axiale rezultante ce se exercită asupra pieselor de strîngere a jugului. Metoda nu dă un indiciu asupra repartiției forțelor de-a lungul bobinajului și de-a lungul spirei.

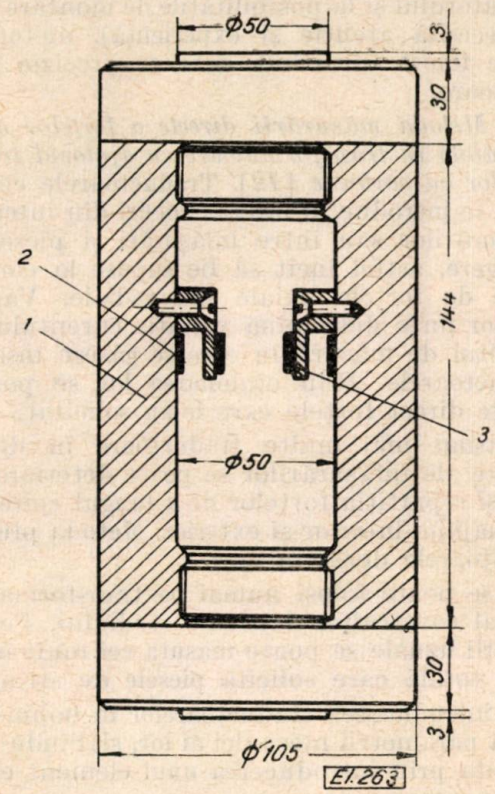


Fig. 3. Dinamometru tensometric folosit la măsurarea forțelor axiale ale unui transformator monofazat de 33 MVA [11]:
1 – suport cilindric; *2* – mărci de măsură lipite pe suportul cilindric; *3* – mărci de compensare.

Aprecieri asupra preciziei măsurărilor luînd în considerație etalonarea oscilogramelor, modul de transmitere a forței la traductor (bobinajul nefiind un corp rigid) și recalcularea la valorile curentului de scurtcircuit sînt date în [7], [9].

7. Metoda măsurării directe a forțelor axiale în transformatoare cu ajutorul mărcilor tensometrice [10], [11]. Folosind mărci tensometrice ca traductor al eforturilor, se măsoară direct forța rezultantă care se exercită asupra pieselor de fixare a jugului și de consolidare a bobinajului, la valori mari ale curenților și chiar la curentul de scurtcircuit ce apare la încercarea directă a transformatorului la tensiunea nominală. La experiențele executate pînă în prezent, mărcile tensometrice s-au montat pe dispozitive de construcție diferită (fig. 2 și 3).

Alegerea formei și dimensiunilor dinamometrului tensometric trebuie făcută de la caz la caz în funcție de mărimea transformatorului și de modul cum se montează și se preiau eforturile. Influența cîmpurilor exterioare asupra mărcilor se elimină prin montarea lor în interiorul pieselor din oțel masiv. Metoda nu permite decît determinarea eforturilor rezultante care apar

asupra dinamometrului tensometric, deci nu dă nici un indiciu asupra repartiției forțelor.

Prezintă avantajul măsurării eforturilor la curenți mari de scurtcircuit. Adaptînd forma și dimensiunile dinamometrului la mărimea transformatorului și la posibilitățile de montare (ceea ce necesită atenție și experiență), metoda se poate folosi furnizînd date cu precizie satisfăcătoare.

8. Metoda măsurării directe a forțelor axiale și radiale în transformatoare cu ajutorul traductoarelor cu cărbune [*12*]. Traductoarele cu cărbune se introduc în diferite locuri din interiorul înfășurărilor sau între înfășurări și piesele de strîngere, astfel încît să fie supuse la compresiune de forțele axiale sau radiale. Variația acestor forțe determină variația curentului din circuitul de măsură în care se găsesc înseriate traductoarele. Prin etalonarea lor se pot cunoaște direct forțele care le-au solicitat.

Plasînd mai multe traductoare în diferite puncte ale înfășurărilor se poate determina direct și repartiția forțelor de-a lungul spirelor și bobinajului interior și exterior. Metoda prezintă următoarele dezavantaje :

— se poate folosi numai pe transformatoare special construite, destinate studiului. Pe construcții uzuale se poate măsura cel mult numai forța totală care solicită piesele de strîngere ;

— introducerea traductoarelor în bobine modifică parametrii mecanici ai lor, slăbindu-le rezistența prin introducerea unui element elastic suplimentar ;

— repartiția forțelor se indică prin puncte puține.

9. Măsurarea forțelor axiale prin cîntărire [*13*]. Este evident că o astfel de metodă se poate aplica numai la un transformator special construit pentru studiu și prevăzut cu o bobină mobilă, atașată la brațul unei pîrghii care, printr-un angrenaj potrivit, deplasează un indicator pe o scară gradată. Aplicarea metodei necesită o deosebită atenție în eliminarea frecărilor și etalonarea cîntarului. Ținînd seamă de cazul cu totul special în care se aplică metoda, nu se insistă asupra ei.

10. Determinarea deplasării bobinajelor în timpul încercării la scurtcircuit. În ultimele publicații apărute în acest domeniu se pune tot mai mult accentul pe tratarea bobinajelor-corpuri elastice, din punct de vedere dinamic. Acest studiu necesită determinarea experimentală a deplasării bobinajelor în perioada scurtcircuitului cînd sînt supuse forțelor pulsatorii. În acest scop au fost utilizate recent trei metode.

a) Metoda rețelelor optice [11]. Aceste rețele optice (obținute prin procedee de reducție fotografică), fixate rigid de elementele bobinajului, se deplasează față de rețelele fixe de comparație de construcție identică, avînd rolul de obturator de lumină și determinînd astfel pulsația unei raze de lumină plasată corespunzător. La rîndul ei, aceasta influențează o celulă fotoelectrică, iar impulsurile electrice astfel obținute sînt amplificate și înregistrate la un osciloscop cu mai multe canale și cu dispozitiv mecanic de înregistrare. Prin numărarea impulsurilor se poate stabili distanța dintre amplitudinile maxime de vibrare a bobinajului. Realizarea acestei metode necesită aparatură specială și o deosebită atenție în executarea măsurărilor.

b) Metoda potențiometrică [11]. Această metodă constă în înregistrarea deplasării bobinajului cu ajutorul unui oscilograf magnetoelectric, folosind ca traductor un potențiometru al cărui cursor este fixat rigid de un element al bobinajului, printr-o tijă izolantă. Pentru a elimina tensiunile parazite din circuitul de măsurare, pentru alimentarea potențiometrului s-a utilizat un generator de tensiune sinusoidală la 15 kHz. Din cele de mai sus rezultă că și aplicarea acestei metode necesită o aparatură specială.

c) Măsurarea deplasării cu accelerometrul [14]. Anumite elemente ale bobinajului sînt prevăzute cu accelerometre, care măsoară accelerația prin forța pe care o masă reținută de un resort o exercită asupra unui cristal piezoelectric din titanat de bariu.

Dispozitivul se poate etalona cu ajutorul unei mese vibrante, cu accelerație reglabilă și cunoscută. Folosind aparate de măsurare și înregistrare adecvate se pot determina frecvența de rezonanță și repartiția deplasării de-a lungul bobinajului.

Din analiza metodelor experimentale de determinare a forțelor axiale rezultă că acestea se pot utiliza îndeosebi la încercările cu caracter de cercetare destinate studierii și dezvoltării noilor construcții de transformatoare.

Metodele propuse pentru determinarea experimentală a frecvenței de rezonanță și a deplasării bobinajului în timpul solicitării în scurtcircuit sînt greu de aplicat, necesită o aparatură specială și cer o atenție deosebită și experiență în executarea măsurărilor și în interpretarea rezultatelor.

Metodologia și aparatele de măsurare folosite la uzinele „Electroputere" pentru determinarea experimentală a eforturilor axiale

Pînă în prezent, în laboratorul uzinal s-a elaborat metodologia de determinare experimentală a forțelor axiale pe cale indirectă. Folosind sonde de dimensiuni mari și mici [2], [5], [15], se măsoară direct repartiția componentei radiale a inducției magnetice și apoi se calculează repartiția forțelor axiale. Sondele executate și etalonate în laborator au caracteristicile arătate în tabela 1 (sonde de dimensiuni mari) și în tabela 2 (sonde de dimensiuni mici).

Tabela 1

Sonde de dimensiuni mari

Varianta	Dimensiunile, mm		Diametrul sîrmei, mm	Numărul de spire, w
	A	B		
1	304	40	0,2	200
2	1 000	20	0,07	50
3	1 000	20	0,07	300
4	1 900	31	0,07	195
5	2 900	30	0,1	153

Ținînd seamă de dimensiunile foarte reduse (fig. 6) ale acestor sonde, este necesară o etalonare prealabilă a lor într-un cîmp magnetic cunoscut și uniform. S-a construit și s-a etalonat la rîndul lui un solenoid (fig. 7) care asigură un cîmp magnetic uniform. Sonda care se etalonează se introduce în interiorul lui, la mijloc, pe un suport din material izolant.

Caracteristica solenoidului $B = f(I)$ s-a determinat prin calcul și pe cale experimentală; prin folosirea acestui solenoid, s-a determinat

Tabela 2

Sonde de dimensiuni mici

Varianta	Dimensiunile, mm					Diametrul sîrmei, mm	Numărul de spire, w	Rezistența electrică, Ω	Gs/V la 50 Hz
	A	B	C	D	E				
1	19	15	4	4,8	3,8	0,07	1 200	379,5	158
2	20	16	4	2,8	2	0,07	500	128,7	350
3	20	16	4	4,8	4	0,2	170	5,57	1 150
4	20	16	4	4,8	4	0,15	270	16,15	718
5	20	16	4	4,8	4	0,07	1 050	266,1	160
6	25	21	4	2,8	2	0,07	500	162,7	199
7	25	21	4	4,8	4	0,07	1 050	337,7	99,5
8	30	24	4	4,8	4	0,07	1 520	575,7	49,6
9	30	26	4	4,8	4	0,07	1 053	400,4	67,5

Sondele de dimensiuni mari (fig. 4) se obțin prin bobinarea unui număr de 50 —300 spire pe un suport din prespan gros de 1 —2 mm și nu

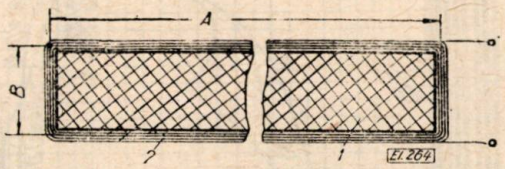


Fig. 4. Sondă de dimensiuni mari:
1 — suport din prespan gros de 1—2 mm; *2* — bobinaj.

necesită o etalonare prealabilă, ci numai cunoașterea exactă a dimensiunilor și a numărului de spire realizat.

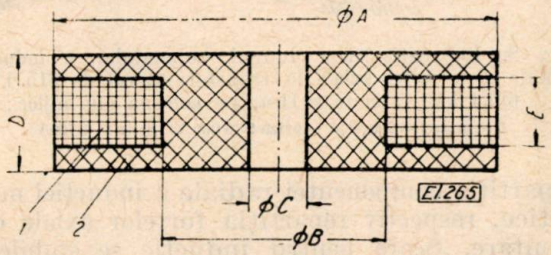


Fig. 5. Sondă de dimensiuni mici:
1 — bobinaj; *2* — suport din material plastic.

Sondele de dimensiuni mici (fig. 5) se folosesc în special pentru determinarea repartiției eforturilor de-a lungul spirei. Acestea se obțin prin bobinarea a 150 —1 500 spire pe un suport din material plastic.

constanta Gs/V, a fiecărei sonde de dimensiuni mici (tabela 2). Cu ocazia etalonărilor, măsurarea forței electromotoare s-a făcut cu ajutorul voltmetrului electronic, cu un consum egal, practic, cu zero.

Indiferent de tipul sondei utilizate, pentru a măsura componenta radială a cîmpului magnetic, transformatorul este alimentat în scurtcircuit

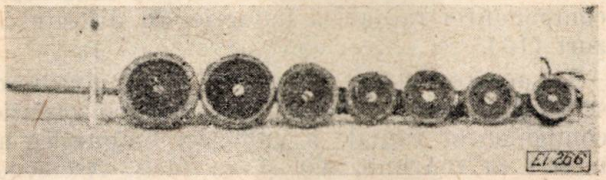


Fig. 6. Sonde de dimensiuni mici.

la o valoare redusă a curentului (0,3 —0,7 din valoarea curentului nominal). Dacă tensiunea de scurtcircuit este prea mare (peste 600 V),

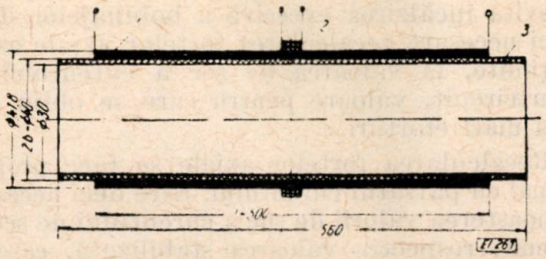


Fig. 7. Solenoid pentru etalonarea sondelor:
1 — bobinaj principal, w 123 spire; *2* — bobinaj auxiliar pentru etalonare, w 500 spire; *3* — suport din tub pertinax.

este bine ca bobinajul exterior pe care se fac măsurările să fie pus în scurtcircuit. Sondele mari se folosesc, de obicei, la determinarea repartiției forțelor axiale de-a lungul bobinajului. În acest scop, pe suprafața exterioară a bobinajului exterior se aplică sonda și apoi este deplasată de-a lungul bobinei (de obicei, din zece în zece mm), forța electromotoare indusă de componenta radială a inducției magnetice măsurîndu-se cu ajutorul unui voltmetru electronic. Se măsoară astfel valoarea medie a acestei componente pe suprafața cuprinsă de bobină ($A \times B$ din tabela 1).

De aici rezultă că, pentru a obține valori cît mai apropiate de valorile locale, lățimea sondelor (B) nu trebuie să fie prea mare.

Pentru a măsura componenta radială a cîmpului magnetic de-a lungul spirei se utilizează sondele mici care sînt deplasate (de obicei corespunzător unui unghi din zece în zece grade) pe circumferința spirei. Tensiunea electromotoare indusă în bobina-sondă se măsoară, de asemenea, cu voltmetrul electronic.

Pentru transformatoare cu prize multe, unde este foarte greu de stabilit prin calcul priza pe care rezultă cele mai mari eforturi, apare necesitatea înregistrării automate a componentei radiale a cîmpului magnetic. În acest scop s-a folosit un dispozitiv format dintr-o tijă filetată învîrtită la o viteză constantă de un motor, printr-un sistem de reducție. Prin învîrtirea tijei, se deplasează cu o viteză relativ mică (circa 50 mm/s) suportul bobinei-sonde (304 × 40 mm, 200 spire), iar tensiunea indusă este înregistrată de un oscilograf magnetoelectric cu buclă de consum minim (sub 1 mA). Cu acest sistem s-au făcut investigații interesante asupra modificării componentei radiale a inducției în diferite cazuri [16].

La aceste măsurări s-a folosit și un redresor sensibil la fază, în scopul determinării variației componentei radiale a inducției magnetice nu numai ca mărime, dar și ca fază. Asemenea încercări nu s-au generalizat, diferențele nefiind esențiale.

Din cele arătate rezultă că toate măsurările pentru determinarea componentei radiale a inducției magnetice se execută cu transformatorul în scurtcircuit, dar la o valoare redusă a curentului (sub valoarea curentului nominal), pentru a evita încălzirea excesivă a bobinajelor. Este deci necesară recalcularea forțelor axiale astfel obținute, la valoarea de șoc a curentului de scurtcircuit, valoare pentru care se obțin cele mai mari eforturi.

Recalcularea forțelor axiale se face proporțional cu pătratul curentului. Este deci necesară cunoașterea valorii de șoc a curentului de scurtcircuit, respectiv valoarea stabilizată, care se determină ușor și cu suficientă precizie [17], [18], [19].

Folosind tehnica de lucru și metodologia mai sus-amintită s-au determinat eforturile axiale pe o serie întreagă de transformatoare, unele din rezultate fiind prezentate în cele ce urmează.

Confruntarea metodei de calcul al forțelor axiale propuse în [1], [20] și [7] și a metodologiei de determinare experimentală a fost făcută în [20], obținîndu-se rezultate comparabile.

Repartiția forțelor axiale în diferite tipuri de transformatoare

Pentru a cunoaște întocmai solicitarea locală a bobinajului este absolut necesară cunoașterea repartiției inducției radiale (deci și a forțelor axiale) atît de-a lungul bobinajului, cît și de-a lungul spirelor. Prin modificări constructive, această repartiție se poate îmbunătăți, cunoscîndu-se totodată părțile mai mult solicitate pentru a putea fi astfel întărite din punct de vedere mecanic.

Pentru un transformator de 315 kVA, 6/0,4 kV, varianta I, repartiția este indicată în [20].

1. Transformator de 315 kVA, 6/0,4 kV, varianta a II-a. Variația tensiunii sondei (tipul mare de 1 000 × 20 mm², 300 spire) este dată în figura 8. Aceste curbe reprezintă totodată

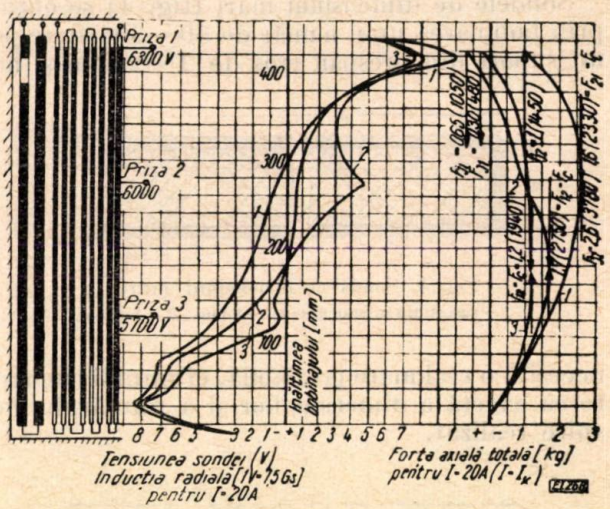


Fig. 8. Repartiția de-a lungul bobinajului, a inducției radiale și a forței axiale la transformatorul de 315 kVA, 6/0,4 kV, varianta a II-a, pe coloana din mijloc:
1 – priza 1 (6 300 V); *2* – priza 2 (6 000 V); priza 3 (5 700 V).

repartiția componentei radiale a inducției magnetice, respectiv repartiția forțelor axiale elementare. Scara pentru inducție se stabilește astfel:

$$U_s = 4{,}44\, f \cdot S \cdot w \cdot B = 4{,}44 \cdot 50 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot 300\, B$$
$$U_s = 1\,335 \cdot B,\ \text{V},$$

unde s-au introdus parametrii sondei utilizate ($1 \cdot 2 \cdot 10^{-2}$ m², 300 spire) și frecvența de 50 Hz.

Rezultă mai departe că:

$$B = 7{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot U_s,\ \text{V}_s/\text{m}^2,$$

respectiv:

$$B = 7{,}5\ U_s,\ \text{Gs}.$$

Deci, constanta este 7,5, Gs/V.

Cunoscînd componenta radială a inducției la diferite înălțimi și pentru curentul de 20 A, se pot calcula forțele axiale elementare pe un element de bobinaj înalt de 20 mm, folosindu-se următoarea relație:

$$F = B \cdot L \sqrt{2}\ Iw,\ \text{N},$$

unde:

F este forța pe elementul de bobinaj, N;
B — valoarea maximă a inducției medii măsurate pe elementul de bobinaj, Vs/m^2;
L — lungimea conductorului, m;
I — valoarea efectivă a curentului de alimentare, A;
w — numărul de spire al elementului de bobinaj parcurs de curentul I.

Înlocuind valorile pentru acest caz, se obține:

$$F = 0{,}102 \cdot 7{,}5 \cdot \sqrt{2} \cdot 10^{-4}\ LU_s Iw,\ \text{kg}.$$

Pentru $L = 1{,}08$ m rezultă:

$$F = 1{,}167 \cdot 10^{-4} U_s\ \theta,\ \text{kg}.$$

Însumînd algebric forțele elementare, se obțin forțele axiale cumulate pe diferite porțiuni din bobinaj (ΣF). Repartiția forțelor axiale cumulate (totale) de-a lungul bobinajului se indică, de asemenea, în figura 8. Din diagrama repartiției forțelor axiale cumulate se pot determina și forțele parțiale care solicită bobinajul sau sistemul său de strîngere între două noduri, în care densitatea forței schimbă de semn (de exemplu forța axială care se exercită asupra bobinelor din partea inferioară a înfășurării (F_{12}); forța axială a părții superioare a înfășurării (F_{21}); forța maximă de comprimare (F_c); forța de deplasare a întregului bobinaj către jugul inferior, respectiv superior (F_{j1}, F_{j2}) etc.).

Pentru transformatorul de 315 kVA, 6/0,4, varianta a II-a, aceste forțe axiale se indică în tabela 3.

Pe diagramă însă se reprezintă forțele axiale calculate la curentul la care s-au executat măsurările (20 A). Deci, pentru obținerea forțelor reale care apar la curentul maxim de scurtcircuit, trebuie să se extrapoleze valorile din diagramă cu pătratul curentului.

Tabela 3

Forțele axiale cumulate măsurate la un transformator de 315 kVA, 6/0,4 kV — varianta a II-a

Tipul forței	Forța axială, kgf pentru $I = i_k$		
	Priza 1 6 300 V	Priza 2 6 000 V	Priza 3 570 V
F-12	3 780	2 750	1 940
F-21	2 330	3 800	2 420
F-c	2 330	2 750	1 940
F-$j1$	0	1 050	480
F-$j2$	1 450	0	0

Analizînd curbele de repartiție a inducției radiale deci și a forțelor axiale elementare se constată că mărimea și sensul acestei forțe se modifică mult de-a lungul bobinajului. Porțiunile cele mai solicitate se constată în zonele de capăt și în zona prizelor de reglaj. Tot din aceste curbe se constată gradientul de variație a forțelor de-a lungul bobinajului, putîndu-se astfel stabili zonele cu cea mai mare solicitare locală. De exemplu, pe priza 1, în jurul înălțimii de 300 mm, apare o zonă critică unde spirele comprimate puternic, în cazul cînd sînt slab bobinate, pot să se deformeze prin suprapunerea lor.

Din curbele de repartiție a eforturilor axiale cumulate se obține o imagine clară a solicitărilor pe porțiuni mai mari din bobinaj, cum și asupra solicitării sistemului de consolidare la capete a înfășurărilor. În baza acestor curbe de repartiție a eforturilor axiale, solicitările locale și cumulate se pot micșora prin modificarea neuniformităților inevitabile de amperspire.

Tabela 4

Forțele axiale cumulate măsurate și calculate la un transformator de 315 kVA, 6/0,4 kV — varianta I

Tipul forței	Forța axială kgf, pentru $I = i_k$						Forța axială calculată		
	priza 1		priza 2		priza 3				
	faza A	faza B	faza A	faza B	faza A	faza B	priza 1	priza 2	priza 3
F-12	1 520	930	1 300	900	1 400	1 020	—	—	—
F-21	2 060	5 830	9 600	12 300	10 900	13 520	—	9 245	11 045
F-c	1 520	930	1 300	900	1 400	1 020	2 475	—	—
F-$j1$	540	4 900	8 300	11 400	9 500	12 500	—	6 770	8 570
F-$j2$	0	0	0	0	0	0	—	—	—

La capătul inferior al bobinajelor rezultă clar, din diagrama repartiției inducției, influența unei neuniformități de amperspire.

În figura 9 se indică repartiția forței axiale de-a lungul spirelor pe bobina din mijloc la o înălțime a bobinajului de 230 mm pe priza 2. Se constată o creștere a forțelor pînă la 90% în interiorul ferestrei. Posibilitățile de micșorare a eforturilor axiale rezultă clar, comparînd repartiția eforturilor pe transformatorul de 315 kVA, 6/0,4 kV, varianta I cu cele obținute pe un transformator tot de 315 kVA, 6/0,4 kV în construcție modificată (varianta a II-a).

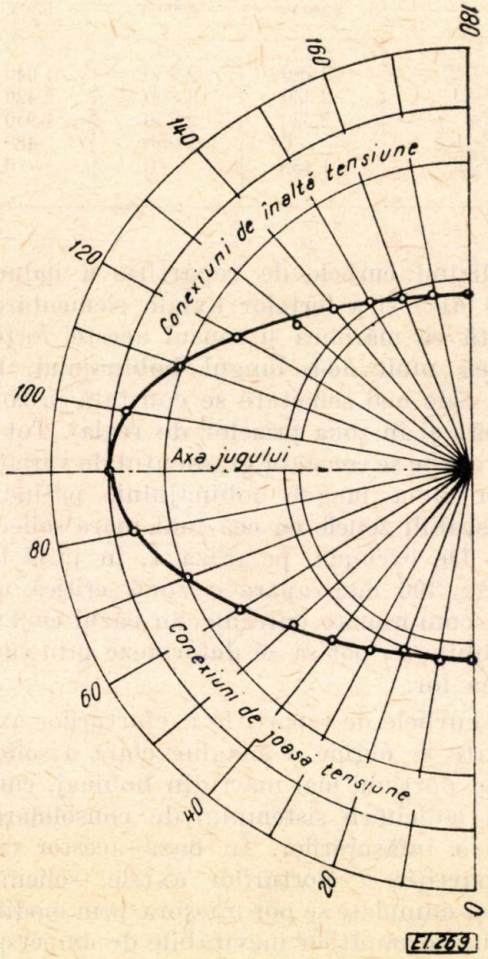


Fig. 9. Transformator 315 kVA, 6/0,4, kV, varianta a II-a. Repartiția forței axiale pe coloana din mijloc.

2. Transformator de 630 kVA, 6/0,4 kV. Măsurările s-au executat alimentînd bobinajul de înaltă tensiune la 40 A.

În figura 10 se indică repartiția forțelor axiale elementare și cumulate.

Este de remarcat că, deși forțele axiale sînt relativ reduse (aproximativ la nivelul celor obținute la transformatorul de 315 kVA, 6/0,4 kV, varianta I), bobinajul de înaltă tensiune prezintă o zonă critică spre extremitatea superioară (650–660 mm) unde sînt posibile alunecări și suprapuneri de spire, în urma acțiunii combinate a eforturilor radiale și axiale.

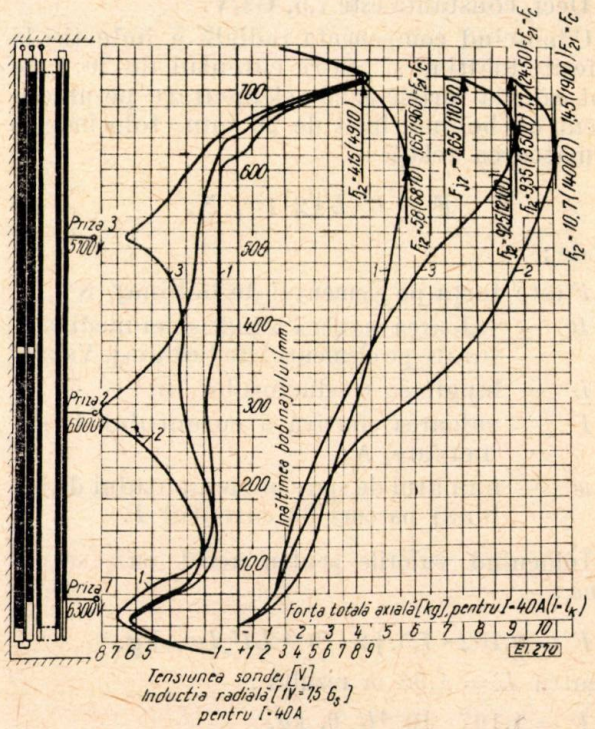


Fig. 10. Transformator 630 kVA, 6/0,4 kV. Repartiția inducției radiale și a forțelor axiale, pe coloana din mijloc:
1 – priza 1; *2* – priza 2; *3* – priza 3.

Repartiția eforturilor axiale de-a lungul spirei ridicate la extremitatea superioară a bobinajului (curba 1 din figura 11) și la nivelul prizei 2 (curba 2 din fig. 11) arată clar influența coloa-

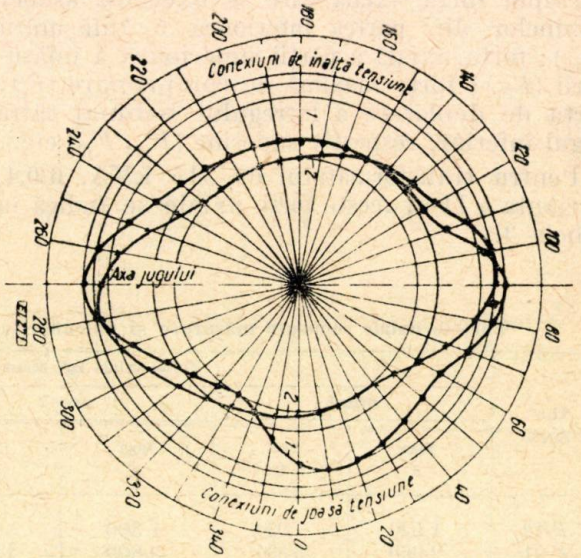


Fig. 11. Transformator 630 kVA, 6/0,4 kV. Repartiția inducției radiale de-a lungul spirelor, pe coloana din mijloc și priza 2:
1 – la extremitatea superioară a bobinajului; *2* – la nivelul prizei 2.

nelor vecine și influența conexiunilor. Dacă la transformatoarele de 315 kVA, 6/0,4 kV s-a observat în interiorul ferestrei o creștere a forțelor axiale chiar de 85—90%, la acest transformator se obține o creștere de numai 47—58%.

Influența fazelor vecine este cu atît mai mare, cu cît distanța dintre faze este mai mică.

Se precizează faptul că la transformatoarele de 250—630 kVA, 6/0,4 kV, cu bobinaj stratificat, s-a determinat numai componenta radială a inducției magnetice pe suprafața exterioară a bobinajului de înaltă tensiune și deci forțele radiale din acest bobinaj. În baza acestor măsurări și a experienței acumulate [21] se poate calcula cu oarecare aproximație forța axială totală în bobinajul de joasă tensiune.

Aceste măsurări s-au făcut cu transformatorul decuvat.

Pentru a calcula solicitările în materialele electroizolante și în piesele de consolidare, forțele axiale obținute prin extrapolare la valoarea curentului de scurtcircuit trebuie majorate cu 20%, ținînd seamă astfel de influența cuvei care duce la creșterea eforturilor în bobinajul de înaltă tensiune.

Concluzii

— Metodele experimentale propuse pentru determinarea mărimii și repartiției forțelor de scurtcircuit, respectiv deplasarea bobinajelor, sînt limitate din punctul de vedere al operativității, preciziei și posibilităților de utilizare. Problema unei metode simple, sigure și operative, care să poată fi folosită la verificarea deplasărilor inițiale la producția de serie, rămîne deschisă îndeosebi pentru bobinajele stratificate.

— Cu toate inconvenientele pe care le prezintă metoda sondelor de dimensiuni mari și mici pentru determinarea componentei radiale a inducției magnetice, aceasta oferă posibilități largi și sigure în cercetarea experimentală a eforturilor în transformatoare.

Repartiția forțelor axiale de-a lungul bobinajului poate fi îmbunătățită prin distribuția judicioasă a neuniformităților inevitabile de amperspire, iar valoarea forțelor considerabil micșorată.

— Repartiția componentei radiale a inducției magnetice de-a lungul spirei se modifică în funcție de poziția ei pe înălțimea bobinajului, spirele de la capăt prezentînd cea mai neuniformă repartiție.

La transformatoare de putere relativ mică și de tensiune medie (6 kV), deci cu distanță mică între faze, creșterea inducției în interiorul ferestrei poate atinge 65—90%.

Creșteri de maximum 50% (cum indică literatura de specialitate) se obțin numai la transformatoarele de putere mare și tensiune mare.

— Legăturile și piesele feromagnetice au o mare influență asupra configurației cîmpului magnetic de dispersie într-un transformator.

Bibliografie

[1] *Waters, M.* The measurement and calculation of axial electromagnetic forces in concentric transformer windings. In : Proc. of Instit. El. Eng., vol. **II**, nr. 79, 1954, p. 35—46.

[2] *Heller, B.* și *Kulda, J.* Problèmes des grandes transformateurs. CIGRÉ, Rap. 136—1958.

[3] *Alekseiko, G. A., Așriatov, A. K.* și *Frid, E. S*, Ispîtania s vîsobovlitnîh i moșcinîh transformatorov i avtotransformatorov. GOST-I, GEI-1962, Moscova-Leningrad.

[4] *Karasov, B. B.* Pribor dlia ostillografirovania polei rasscevania. In : Vestnik elektropromîșlenosti, nr. 3, 1963, p. 57—58.

[5] *Pichon, A., Hochart, B.* și *Salgues, F.* Problèmes de tenue au court-circuit des transformateurs. CIGRÉ, Rap. 142—1958.

[6] *Festl, E.* Ermittlung der Stromkräfte von Transformatoren und ihre Kontrolle auf dem Prüfstand. In : ETZ **72**, 1951, p. 173—176.

[7] *Apetrei, C.* și *Bălă, C.* Calculul și determinarea experimentală a forțelor axiale de scurtcircuit brusc la transformatoarele de putere. In : Electrotehnica, nr. 8, august 1962, p. 285—294.

[8] *Waters, M.* Deplasarea axială a înfășurărilor transformatoarelor. In: Electrical Review, nr. 7, 1962, p. 259—262.

[9] *Apetrei, C.* și *Bălă, C.* Essais expérimentaux pour la mesure des forces axiales de court-circuit dans les transformateurs de puissance. CIGRÉ, Rap. 128—1962.

[10] *Noiașkov, I. S.* și *Lire, S. I.* Eksperimentalnie isledovania mehaniceskoi procinosti transformatorov pri korotkom zamîkanii. In : Vestnik elektropromîșlennosti, nr. 2, 1963, p. 12—16.

[11] *Tournier, V., Ebersohl, G., Ciniero, A., Yakov, S., Madin, A. B.* și *Whitaker, J. D.* Étude du comportemet dynamique des enroulements d'un transformateur sous l'effet d'un court-circuit. CIGRÉ, Rap. 143—1962.

[12] *Fischer, E.* Messung dynamischer Kurzschlusskräfte von transformatoren. In : Siemens Zeitung, nr. 37, 1963, p. 759, 799—803.

[13] *Beavers, M. F.* și *Adams, C. M.* The calculation and measurement of axial electromagnetic forces on concentric coils in transformers. In : AIEE, vol. **78**, august 1959, p. 467—478.

[14] *Pirkl, E.* și *Spallanzani, G.* Recherches récentes dans le domaine des efforts dans les enroulements des transformateurs. CIGRÉ, Rap. 122—1962.

[15] *Cîrstea, D.* Sonde pentru măsurarea cîmpului magnetic în transformatoare. Comunicări tehnice, „Electroputere" — Craiova, decembrie 1963.

[16] *Mathé, B.* și *Cîrstea, D.* Modificarea spectrului cîmpului magnetic de dispersie la apariția unui defect între spirele înfășurării transformatorului. Comunicări tehnice, „Electroputere" — Craiova, decembrie, 1963.

[17] *Tihomirov, P. M.* Rasciot transformatorov. Moscova, Gosenergoizdat, 1962.

[18] Regeln für Transformatoren. VDE 0532/1963.

[19] Transformatoren. Dynamische kurzschlussprüfungen. Prüfmethode. TGL 11376/1962.

[20] *Cîrstea, D., Stanciu, V., Landau, H.* și *Ogrezeanu, St.* Cercetări experimentale în domeniul verificării rezistenței transformatoarelor de putere la scurtcircuit. Comunicări tehnice. „Electroputere" — Craiova, decembrie 1963.

[21] *Salgues, M. F.* și *Hochart, M. B.* Contribution théorique et expérimentale au problème des efforts en court-circuit dans les transformateurs. In : Bulletin de la Société Francaise des Électriciens, nr. 92, august 1958, p. 479—497.

[22] *Cojocaru, I., Gaciu, C.* și *Landau, H.* Măsuri pentru asigurarea la scurtcircuit a transformatoarelor din noua serie unitară de la 100 la 1 600 kVA. Comunicări tehnice, „Electroputere" — Craiova, decembrie 1963.

Intrat în redacție la 16.III.1964

Contribuții la procesul de tratament termic (polimerizare) la emailarea conductoarelor**

Constantin Giurcanu* — București

CZ 621.315.33.045.12 :621.315.612.7.002.2

Emailarea conductoarelor este operația prin care conductorul se acoperă cu un lac electroizolant, aplicat în cîteva straturi, prin polimerizarea fiecărui strat în parte.

Caracteristicile importante ale conductorului emailat sînt : grosime mică a peliculei de email cu rigiditate dielectrică ridicată ; pelicula aderentă, elastică ; rezistență la acțiunea solvenților (agenților chimici) rezistență la uzură ; rezistență la temperaturi ridicate etc. Aceste caracteristici sînt specifice fiecărui tip de lac (rășină) în parte și ele nu pot fi obținute decît numai dacă în timpul emailării pelicula de lac este corespunzător coaptă (polimerizată) pe fiecare strat (trecere), la un regim de temperatură bine definit.

Temperatura de polimerizare este specifică fiecărei rășini în parte. Ea are o anumită zonă (limite) de polimerizare, care se va nota cu $t \pm \Delta t$, în care :

t este temperatura corespunzătoare polimerizării, °C ;

Δt — diferența de temperatură limită (superioară și inferioară) la care totuși se poate realiza polimerizarea, °C.

Așa cum este normal, și cum rezultă din fabricație, cu cît t este mai mic și Δt mai mare, cu atît este mai convenabil a folosi lacul electroizolant, deoarece necesită temperaturi mici de lucru, respectiv consum mic de căldură și permite variații mari de temperatură în fabricație (ceea ce este foarte avantajos). În mod obișnuit Δt este circa 10°C.

Procedeele mai importante de emailare a conductoarelor

Operația de emailare se execută pe instalații speciale (cuptoare) de emailare care pot fi verticale sau orizontale, iar dozarea (calibrarea) lacului pe conductoare la fiecare impregnare (trecere) se face cu filiere (calibre) cu pîslă, prin imersarea în lac fluid etc. Cele mai frecvente instalații pentru obținerea conductoarelor emailate (în special dimensiunile mari) prevăd cuptoare de emailare verticale, cu băi de lac și filiere pentru lăcuirea uniformă. Cuptoarele verticale de emailare se folosesc, în special, pentru dimensiunile cu diametrul începînd de la 0,2 mm. Acestea au lungimi proporționale cu diametrul firului de emailat (exemple : lungimi de 1 m pentru diametre de la 0,2 la 0,3 mm ; lungimi de 4 m pentru diametre de la 1,0 la 3 mm).

Fabricarea conductoarelor emailate de dimensiunile 0,2 —0,5 mm diametru nu constituie o problemă, deoarece s-au atins viteze de emailare care depășesc 25 m/min, respectiv, durată de tratament termic mică circa 2 s, produsele rezultate fiind de aceeași calitate ca și produsele obținute la viteze mici (durate mari de tratament termic).

La dimensiuni mari (diametrul peste 1 mm) nu s-a putut lucra cu viteze de emailare mai mari decît raportul $4L/D$, în care :

L este lungimea cuptorului, m ;

D — diametrul conductorului de emailat, mm.

Cauza acestui prag o constituie faptul că după fiecare impregnare produsul este supus la același tratament termic ca durată și temperatură de lucru.

Trebuie precizat că, făcînd determinări asupra fiecărei treceri în parte, în special la firele groase (peste 2,0 mm diametru), emailate după procedeul indicat, s-a constatat că pelicula de email uscată la primele treceri la emailare nu rezistă la toți solvenții specifici (deci nu este polimerizată), față de ultimele treceri de emailare, unde rezistă la aceiași solvenți.

Așa se explică lipsa aderenței și elasticității peliculei la aceste conductoare, ceea ce le face improprii utilizării.

Unele procedee noi [4] de emailare a conductoarelor, după ce acestea iau cantitatea obișnuită de lac la emailare, prevăd la prima trecere sau la primele treceri prin cuptor o zonă cu o temperatură de lucru mai ridicată sau o durată mai mare de tratament termic, la aceeași temperatură, față de zona ultimei (ultimelor) treceri în care acestea sînt mai scăzute, iar la trecerile intermediare temperaturile sau duratele, proporționale.

Aceste procedee se explică științific prin aceea că la prima (primele) trecere pelicula și sîrma primesc mai puțină căldură și sîrma este puțin izolată termic cu lac-email și, pentru ca acest email să ajungă la temperatura de polimerizare, trebuie ca și sîrma să atingă această temperatură ; pentru aceasta este necesară o temperatură mai ridicată în zona primei (primelor) treceri sau o durată de tratament termic mai mare. În ultima (ultimele) trecere pelicula și sîrma primesc mai multă căldură și, sîrma, fiind izolată termic cu mai multe straturi de email (circa 0,04 mm), are și o oarecare izolație termică. Metalul din conductor nu atinge temperatura suprafeței conductorului pe care se află lac și

* Ing. *C. Giurcanu* este șef laborator cercetare științifică la I.P.C.M.C.

** La această lucrare au colaborat :
ing. *Stancovski Al.*, cercetător științific I.P.C.M.C. ;
ing. *Giurcanu Cristina*, tehnolog F.C.M.E.

care se polimerizează la o temperatură fixă, deci nu trebuie să i se dea o cantitate de căldură atît de ridicată. Din cauză că metalul absoarbe o cantitate de căldură mai mică și asupra peliculei activează căldura mai energic (coeficient de absorbție termică mai ridicat) pelicula de email necesită în acest fel o temperatură sau o durată de tratament termic mai scăzută, ca să asigure polimerizarea lacului în mod corespunzător. În acest fel polimerizarea stratului de lac de emailare depus pe conductor se realizează într-o zonă cu o temperatură sau o durată de tratament termic mai mică față de prima (primele) trecere. Trecerile (impregnările) intermediare se polimerizează la temperaturi sau durate de tratament termic proporționale.

Se precizează că la viteze mărite de emailare conductorul intră cu un aport de căldură la următoarele treceri, pe cînd la prima trecere conductorul trebuie să primească în plus și cantitatea de căldură pe care o are la celelalte treceri în cursul emailării.

Procedeele [4] precizează că diferența de temperatură sau de durată de tratament termic depinde de calitatea lacului și de natura metalului de emailat și este proporțională cu grosimea stratului de izolație, cu secțiunea sîrmei, cu viteza de emailare și cu temperatura de polimerizare a lacului.

Trebuie precizat de la început că verificarea exactă a acestor procedee noi, a condițiilor de lucru, nu se poate face decît cu oarecare greutăți, din cauza caracteristicilor deosebite de lucru la fiecare trecere, pentru fiecare secțiune și pentru fiecare lac în parte. Înainte de a se face verificarea practică (experimentarea) trebuie stabilite în mod teoretic condițiile de lucru și de temperatură pentru fiecare caz în parte.

S-a văzut că emailarea firelor subțiri cu diametrul (sub 0,5 mm) este posibilă la viteze mărite și că viteza de emailare crește cu cît secțiunea conductorului este mai mică ; la diametre mari viteza se reduce pînă la maximum 2 —3 m/min ; emailarea conductoarelor cu diametre de circa 4 mm, practic, nu este posibilă sau se obțin produse necorespunzătoare, prin procedeele clasice. Avînd în vedere că aceste praguri de viteze și secțiuni sînt înlăturate de procedeele noi prezentate, cum și faptul că aceste procedee [4] precizează că toate dimensiunile de conductoare emailate sînt de calitate superioară, se vor analiza teoretic, în cele ce urmează, condițiile de emailare. Singurul aspect sub care se impune analiza celor arătate este aspectul termic al procesului.

Definirea procesului termic

În procesul de tratament termic al emailării conductoarelor, cantitatea de căldură Q_n, care se degajă datorită încălzirii electrice, se repartizează în felul următor :

Q_m este căldura consumată pentru încălzirea sîrmei metalice care se emailează ;

Q_e — căldura consumată pentru : încălzirea lacului de emailare, încălzirea straturilor de bază (interioare) de email polimerizat, evaporarea solvenților și, eventual, pentru polimerizarea peliculei de email (dacă polimerizarea nu este exotermă) ;

Q_a — căldura consumată pentru încălzirea aerului care trece prin cuptorul de emailare ;

Q_{iz} — căldura care se pierde în mediul înconjurător de către cuptor prin radiație și convecție.

Astfel, se poate scrie :

$$Q_n = Q_m + Q_e + Q_a + Q_{iz}. \qquad (1)$$

Consumurile de căldură Q_a și Q_{iz} nu se analizează în acest articol.

Pentru consumurile Q_e, literatura [1] arată că pentru sîrma cu diametrul mai mare decît 0,6 — 0,7 mm $Q_e \leqslant 0{,}12\ Q_m$, și aceasta depinde de diametrul conductorului, de cantitatea de lac preluată de sîrmă la fiecare trecere a sa și de temperatura de polimerizare a lacului. Fiind o corelație între acești doi consumatori, se vor analiza concomitent și, numai unde va fi cazul, se vor face și diferențierile corespunzătoare.

Așa cum s-a arătat anterior, se va analiza care este temperatura teoretică necesară a cuptorului de emailare pentru emailarea conductoarelor, la fiecare trecere (impregnare) și tratament termic al sîrmei, funcție de temperatura cuptorului, viteza de emailare, lungimea cuptorului etc., deci variația $Q_m + Q_e$.

A studia fenomenul transmiterii căldurii în procesul de emailare a conductoarelor înseamnă a stabili dependența dintre mărimile care caracterizează acest fenomen. Fiind un fenomen complicat la care mărimile determinate variază în timp și spațiu (variația temperaturii cuptorului și a conductorului la tratamentul termic al acestuia), este foarte greu să se stabilească dependența dintre variabile.

Aplicînd legile generale ale fizicii, și în acest caz ne mărginim la stabilirea relației dintre variabile, adică între coordonate, iar din întreg spațiul ne mărginim doar la un volum elementar (totodată variația unora dintre mărimi poate fi neglijată sau dependența complexă dintre ele poate fi înlocuită cu una mai simplă). Relația obținută în acest fel este ecuația diferențială generală a procesului care se studiază. După integrarea acestei ecuații se obține, în fine, relația analitică dintre mărimi, pentru întregul interval de timp considerat. Aceste ecuații diferențiale se pot obține pentru orice proces și, în special, pentru procesul de trecere a căldurii. Dar pentru că trecerea căldurii nu este determinată numai de fenomene termice, ci și de fenomene aerodinamice, totalitatea acestor fenomene nu este redată printr-o singură ecuație diferențială, ci de un întreg sistem de ecuații diferențiale.

În procesul de transmitere a căldurii, la emailarea conductoarelor este foarte greu să se lucreze pentru determinarea schimbului de căldură de-a lungul cuptorului, întrucît cuptorul (care încălzește sîrma prin radiație și aerul — gazul — din cuptor prin convecție) are o temperatură variabilă de-a lungul lui, iar conductorul (sîrma care se emailează în timpul trecerii ei prin cuptor) se încălzește continuu prin radiația cuptorului și prin convecție de la aerul încălzit de cuptor, avînd mereu (în orice fracțiune de timp) altă temperatură ;

în acest fel, procesul de transmitere a căldurii este un proces tranzitoriu foarte complicat, greu de calculat. Calculul exact este posibil numai dacă procesul de transmitere a căldurii se calculează pentru suprafețe (lungimi) și unități de timp foarte mici. Nu este cazul a analiza atît de amănunțit acest fenomen, întrucît rezultate concludente ne sînt asigurate numai prin urmărirea separată a cîtorva parametri (elemente), în timp ce ceilalți sînt constanți. Aceasta se mai justifică și datorită timpului scurt de acțiune termică. Pentru aceasta, calculul procesului de transmitere a căldurii, în continuare, se va face considerînd procesul ca un regim permanent.

Transmiterea căldurii la emailare

În interiorul cuptorului de emailare, între acesta și sîrmele care se emailează, căldura se transmite prin trei căi importante:

— prin convecție (căldura luată de sîrma de emailat de la sursa de convecție-aer);

— prin radiație (căldura luată de sîrma de emailat prin radiația cuptorului de încălzire etc.);

— prin conducție (căldura care trece prin stratul de email de la sursele exterioare la firul de sîrmă ce se emailează).

În continuare se analizează fiecare cale de transmitere a căldurii în mod diferențiat.

a. Transmiterea căldurii prin convecție

Cantitatea de căldură primită de sîrmă în timpul emailării prin convecție reprezintă o parte importantă din consumul total de căldură și este dată de relația:

$$Q_c = \alpha\,(t_1 - t_2)\,F\,\tau, \qquad (2)$$

în care:

Q_c este căldura cedată prin convecție, kcal;
α — coeficientul de transmisie a căldurii prin convecție, kcal/m²h°C;
t_1 — temperatura corpului cald (aerul), °C;
t_2 — temperatura corpului rece (sîrma), °C;
F — suprafața corpului rece (sîrma de emailat), m²;
τ — timpul (durata), h.

În această relație intervine coeficientul de transmisie a căldurii prin convecție α, pe care nu-l cunoaștem. Valoarea lui poate fi determinată în mod aproximativ folosind relațiile de bază de transmitere a căldurii sau măsurînd viteza de încălzire a sîrmei ca termocuplu, care se introduce în cuptorul de emailare (în absența fenomenului de radiație termică). Folosind relațiile de bază de transmitere a căldurii, cu ajutorul relației generalizate (1, 2), se deduce:

$$Nu = \frac{\alpha\, d_0}{\lambda_a} = c \cdot (Gr \cdot Pr)^n, \text{ unde:} \qquad (3)$$

Nu este criteriul de similitudine al lui Nusselt;
d_0 — dimensiunea determinată (diametrul sîrmei la emailare) în m sau mm;
λ_a — coeficientul de conductibilitate termică a aerului, kcalmh°C;
c și n — coeficienți caracteristici;
Pr — criteriul de similitudine al lui Prandtl;
Gr — criteriul de similitudine al lui Grashoff,

relație care reprezintă procesul de trecere a căldurii într-un spațiu nelimitat în lungul unui fir vertical, paralel cu mișcarea aerului, în care constantele c și n pentru condițiile noastre (sîrme) au valorile 1,18 și 0,125.

Notînd cu:

ν — coeficientul de viscozitate cinematică a aerului, m²s;
a — coeficientul de difuzibilitate termică a aerului, m²h;
β — coeficientul de dilatare termică a fluidului (aerului), 1/°C;
g — accelerația gravitației, m/s²;
$\Delta t = (t_1 - t_2)$, diferența de temperatură, °C;

se poate scrie:

$Pr = \frac{\nu}{a}$, care pentru aer este aproape invariabil și are valoarea 0,722 — la temperaturile de 300 — 800°C;

$Gr = \beta \frac{g \cdot d_0}{\nu^2} \Delta t$, din care se observă că valoarea lui depinde de diametrul sîrmei și de diferențele de temperatură, respectiv de temperatura aerului din cuptor și temperatura sîrmei emailate.

Literatura [1] dă variația coeficientului α în funcție de diametrul sîrmei (fig. 1 și 2). Cum însă α variază și în funcție de temperatură, calculîndu-l după formulele (2) și (3) va rezulta (fig. 3 și 4) variația acestui coeficient în funcție de diametrul sîrmei de emailat și de diferența de temperatură Δt, dintre temperatura sursei de convecție din cuptor și temperatura sîrmei de emailat (mediul

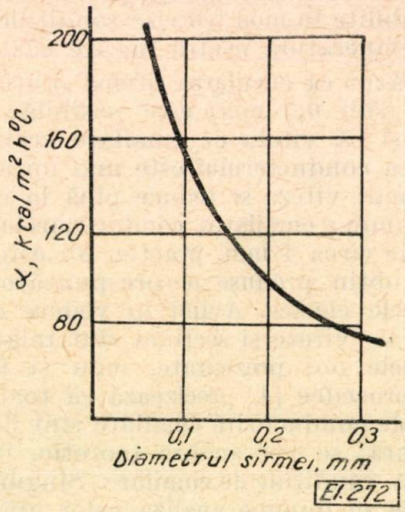


Fig. 1. Variația coeficientului de transmisie a căldurii prin radiație, α, în funcție de diametrul sîrmei.

ambiant). Din diagramele reprezentate în figurile 3 și 4, coeficientul de transmisie a căldurii α crește dacă temperatura cuptorului de emailare este mai ridicată și, în consecință, trebuie

realizate cuptoare cu temperaturi foarte ridicate pentru îmbunătățirea transmisiei pe această cale. De asemenea, se observă (fig. 1—4) că, o dată cu mărirea diametrului sîrmei, coefi-

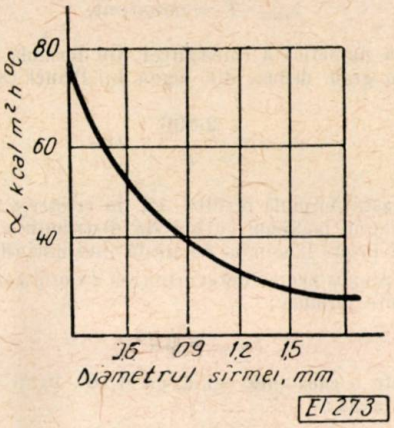


Fig. 2. Variația coeficientului de transmisie a căldurii prin radiație, α, în funcție de diametrul sîrmei.

cientul α scade progresiv și ca atare, la sîrmele cu diametrul mare, acest coeficient contribuie puțin la încălzirea firului pentru emailare.

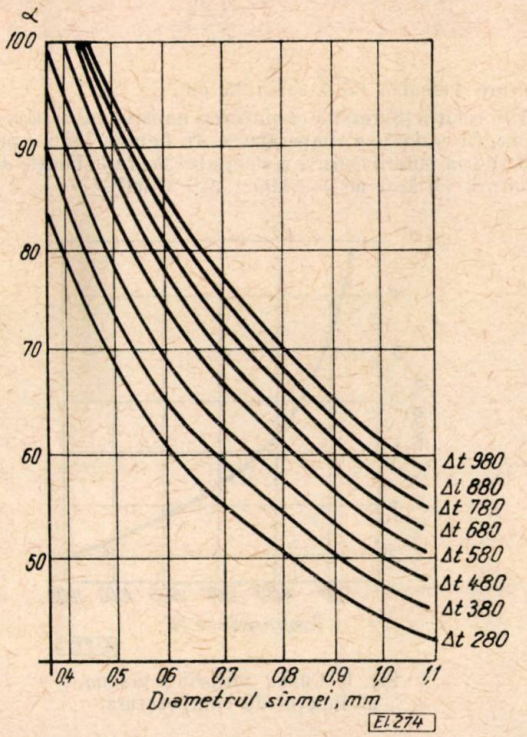


Fig. 3. Variația coeficientului de transmisie termică prin convecție, α, în funcție de diametrul sîrmei de cupru pentru anumite diferențe de temperatură Δt și temperaturi (Δt+20°C).

b. Transmiterea căldurii prin radiație

Procesul schimbului de căldură prin radiație este foarte complex. Se știe că la acțiunea energiei radiante asupra unui corp oarecare o parte din energie este absorbită de acest corp, o parte este reflectată și o altă parte poate să treacă prin acest corp prin penetrație. Din energia reflectată a corpului o parte este absorbită de sursa inițială iar cealaltă parte este reflectată din nou de sursa inițială, corpului, și așa mai departe. În felul acesta, schimbul de căldură radiantă este un proces de absorbții multiple care acumulează, cum și un proces de reflexii.

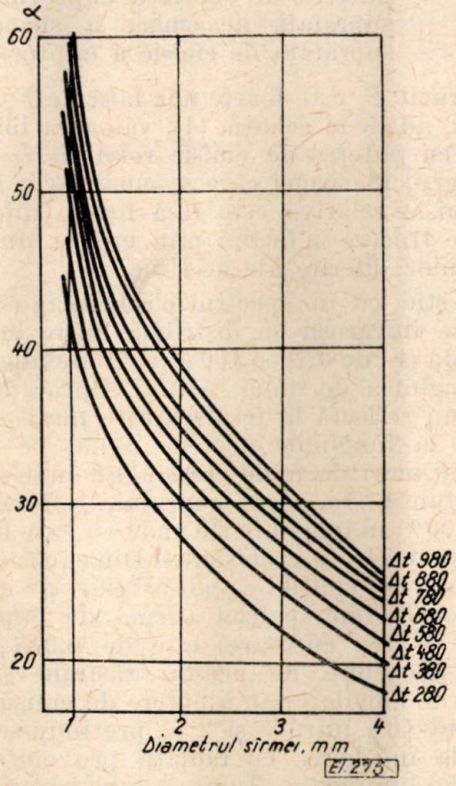


Fig. 4. Variația coeficientului de transmisie termică prin convecție, α, în funcție de diametrul sîrmei de cupru pentru anumite diferențe de temperatură Δt și temperaturi (Δt+20°C).

Pentru calcularea transferului de căldură se folosește formula lui Stefan-Boltzmann :

$$Q_r = \varepsilon C_0 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \text{kcal m}^2\text{h}, \qquad (4)$$

în care :

Q_r este cantitatea de căldură absorbită (emisă) prin radiație, kcal m²h ;

ε — puterea de emisie a corpului studiat ;

C_0 — coeficientul de radiație a corpului negru (4,96) kcal m²°K⁴ ;

T_1 — temperatura corpului cald (cuptorul), °K ;

T_2 — temperatura corpului rece (sîrma), °K.

La schimbul de căldură radiant [1], cînd un cilindru lung (sîrma) cu o suprafață F_s se găsește într-un spațiu închis (cuptorul de emai-

lare) cu suprafața F_p, puterea de emisie relativă a corpului (gradul de negru), ε, este dată de relația :

$$\varepsilon = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_s} + \frac{F_s}{F_p}\left(\frac{1}{\varepsilon_p} - 1\right)},$$

în care :

ε_s este puterea de emisie a sîrmei în timpul emailării ;
ε_p — puterea de emisie a cuptorului ;
F_s — suprafața de emisie a sîrmei, m^2 ;
F_p — suprafața de emisie a cuptorului m^2.

Întrucît F_s este foarte mic față de F_p, atunci $\varepsilon \cong \varepsilon_s$ adică în ecuația (4), valoarea lui ε_s este egală cu puterea de emisie relativă ε_s (gradul de negru) al sîrmei care se emailează. Puterea de emisie relativă este însă foarte diferită la fiecare trecere a firului prin cuptor din cauza reflexiilor diferite ale acestuia.

Se știe că în spectrul electromagnetic, radiațiile infraroșii se distribuie între lungimile de undă (λ) de 0,76 și 100 μ, iar reflexiile depind de lungimea de undă. Astfel, suprafața metalelor nu reflectă la fel dacă este mată sau lustruită la lungimile mici de undă, pe cînd la lungimi mari de undă aceasta nu mai prezintă importanță. În cazul cuprului, reflexiile sînt peste 90% în lungimile de undă cu care lucrează cuptoarele (1 —4 μ) obișnuite. Din cauza aceasta, puterea de emisie ε (absorbție) a cuprului electrolitic bine polizat (sîrma de cupru trefilată pentru emailare) este de 0,018 —0,023. Spre deosebire de acesta, rășinile sintetice (lacul de emailare) au o putere de emisie foarte ridicată [6], între 1 și 2 μ, pretîndu-se foarte bine la încălzirea cu radiații provenite de la izvoare luminoase. În acest sens se precizează [1] că, în funcție de grosimea și felul peliculei de emailare, ε variază în limitele 0,2 —0,9.

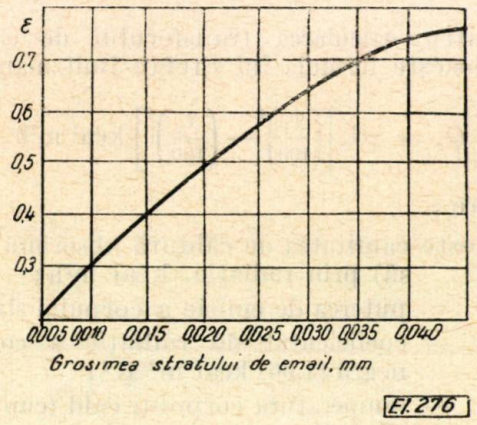


Fig. 5. Valorile aproximative ale lui ε în funcție de grosimea stratului de email.

În figura 5 sînt arătate rezultatele măsurărilor aproximative [1] ale lui ε (la temperaturi de circa 500°C).

Se știe că la o anumită temperatură T, radiația atinge un maximum de emisie ε_{max}, situat în dreptul unei lungimi de undă bine determinată, λ_{max}. Relația dintre temperatura T a corpului emițător și lungimea de undă λ_{max} este dată de către Wien și anume :

$$\lambda_{max} \cdot T = \text{constant.} \qquad (5)$$

Valoarea numerică a constantei din formula 5 este egală cu 2 896 μ grad, dedusă din legea lui Planck [8], de unde :

$$\lambda_{max} = \frac{2\,896}{T}, \ \mu\text{m}.$$

Din această formulă rezultă că la creșterea temperaturii corpului negru, maximul curbei de distribuție a radiației se deplasează înspre lungimile de undă mai mici (fig. 6).

Wien a propus pentru determinarea valorii maxime a energiei radiante formula :

$$E_{max} = \beta T^5 \qquad (6)$$

unde β este o constantă egală cu $4{,}16 \cdot 10^{-12}$ W/cm³/grd⁵, deci vom avea :

$$E_{max} = 4{,}16 \cdot 10^{-12} \cdot T^5 \ \text{W/cm}^3/\text{grd}^5. \qquad (7)$$

Din formulele (6) și (7) rezultă că valoarea maximului emisiei radiante a corpului negru crește proporțional cu puterea a cincea a temperaturii.

După legea lui M. Planck [8], intensitatea emisiei corpului negru pentru diverse temperaturi și lungimi de undă se determină după relația :

$$E_\lambda T = 3{,}17 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{\lambda^{-5}}{\frac{1{,}43}{e^{\lambda T} - 1}}, \ \text{kcal mhcm}^2, \qquad (8)$$

în care valoarea lui λ se ia în cm.

Din relația (8) rezultă că puterea emisivă spectrală a corpului negru variază cu temperatura. În figurile 7 și 8 se prezintă distribuția puterii emisive a corpului negru în funcție de temperatură (1 kcal $m^2 = 1{,}163 \cdot 10^4$ Wcm²).

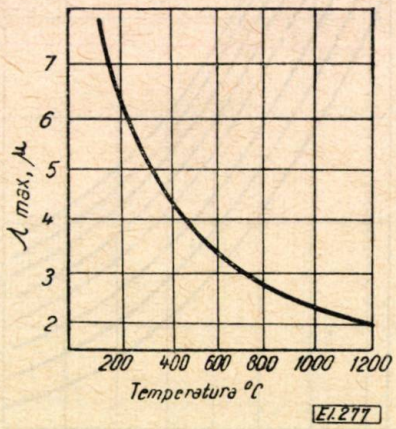


Fig. 6. Curba valorii λ maxim, în funcție de temperatură.

Alte indicații din literatură [3] arată că pentru uscarea suprafețelor lăcuite în modul cel mai eficient pot fi utilizate razele infraroșii, a căror lungime de undă se găsește în intervalul 0,74—1,4 μ. Aceste raze sînt bine absorbite de lac, astfel că uscarea va fi uniformă în adîncime. În cazul unei absorbții prea active de raze infraroșii de către stratul de la suprafață uscarea poate să fie încetinită prin formarea unei pelicule superficiale. În cazul unei pătrunderi active a razelor prin stratul de lac, acțiunea lor va fi ceva mai slabă și coeficientul de utilizare se va micșora. Experiențele au ară-

tat că razele cu o lungime de undă de peste 1,5 μ trec în mare măsură prin stratul de lac fără a fi absorbite de acesta. În cazul emailării conductoarelor rezultă că uscarea și polimerizarea peliculei de lac nepolimerizat sînt mai active și de calitate mai bună la temperaturi ridicate, unde energia radiantă este mai mare și λ are valori mai mici.

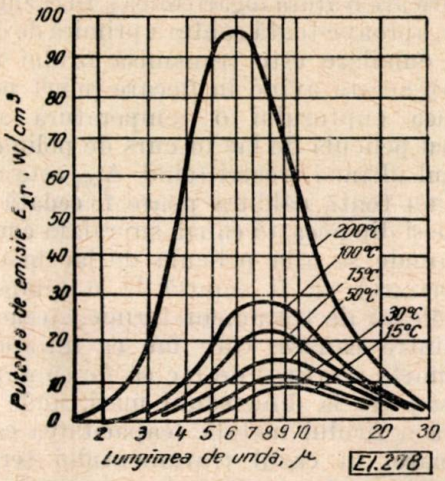


Fig. 7. Curbele de distribuție a energiei radiate de un corp negru la diferite temperaturi.

În continuare, literatura [3] precizează că uscarea lacurilor la temperaturi înalte trebuie să întărească interesul fabricației, deoarece este suficient de mare domeniul în care utilizarea ei este posibilă, iar efectul tehnico-economic al metodei de uscare la temperaturi înalte este considerabil. Pentru

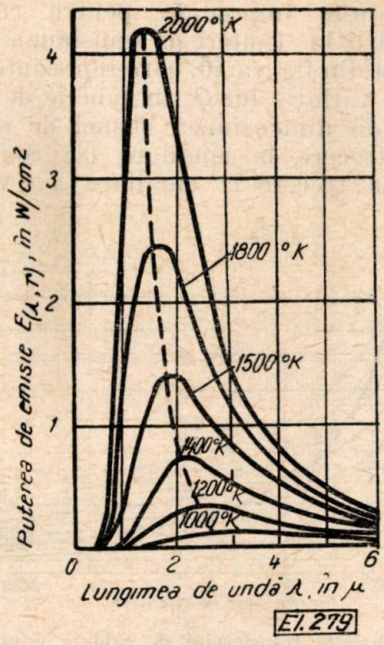


Fig. 8. Curbele de distribuție a energiei radiate de un corp negru la diferite temperaturi.

a obține temperaturi înalte, cuptoarele pot fi încălzite cu energie electrică sau cu gaze. În acest caz, suprafața aparatelor de încălzire trebuie să aibă o temperatură de 800—1 000°C. La astfel de temperaturi suprafețele aparatelor de încălzire radiază în mod intens raze infraroșii, prin urmare, uscarea obiectelor lăcuite, în cazul unei acțiuni directe a razelor infraroșii, se efectuează în cea mai mare parte datorită radiației acestor raze și într-o mică măsură, datorită convecției.

Din cele arătate rezultă că la temperaturi mici ale cuptorului de emailare (lungimi de undă mari și mijlocii ale emisiei), transferul de căldură prin radiație este mic și influențează în mică măsură procesul de emailare a conductoarelor.

La temperaturi mari de emailare, transferul de căldură crește cu puterea a 4-a a temperaturii, pelicula de email se polimerizează în adîncime repede și fără ca temperatura conductorului să atingă temperatura de polimerizare a lacului din cauza reflexiei puternice a cuprului și emisiei (absorbției) mărite a lacurilor (rășinilor sintetice) de emailare. Pelicula de lac obținută în acest fel prin polimerizare are o aderență foarte bună.

În diagrame (fig. 10 și 12) sînt reprezentate mărimile valorilor Q_r în comparație cu Q_c, la prima trecere a sîrmei prin cuptor (prima impregnare) și la ultima. Din acestea reiese că dacă la prima impregnare valorile Q_r sînt foarte mici față de Q_c, din cauza reflexiei puternice a cuprului la ultima trecere, Q_r depășește în domeniul temperaturilor și al dimensiunilor mari valorile lui Q_c.

De asemenea, rezultă că în timp ce cantitățile de căldură prin convecție Q_c, care acționează asupra fiecărei treceri la emailare sînt aproape egale între ele, cele trasmise prin radiație Q_r nu sînt egale. Se observă clar că Q_r este aproape de 4 ori mai mare la ultima trecere față de prima trecere, la emailare.

La primele treceri sîrma are pelicula de email nepolimerizată, iar la ultimele treceri are emailul ars și dimensiunile mijlocii nu pot fi emailate decît la viteze mici (în cazul emailării conductorului prin aceeași zonă de tratament termic pentru toate trecerile la emailare).

Din această cauză, dimensiunile mari de sîrmă nu pot fi emailate în general prin metodele și instalațiile cu care se lucrează în prezent.

c. Transferul de căldură prin conductibilitate termică

După intrarea conductorului emailat în cuptorul de tratament termic, toată căldura de mai sus se concentrează asupra peliculei de lac și email depusă pe sîrmă. Aceasta, deși are o conductibilitate termică foarte mică ($\lambda_c = 0{,}15 - 0{,}22$), cedează căldura primită sîrmei, fiind foarte subțire. În felul acesta, la emailare apare și cea de-a treia formă de transmitere a căldurii. Întrucît emailul este un termoizolant, nu permite transferul integral spontan al cantității integrale de căldură primită, apărînd o diferență de temperaturi Δt_{em} între suprafața conductorului emailat care are o peliculă de lac care se polimerizează — și conductorul de cupru.

Transmiterea căldurii prin peretele cilindric (respectiv sîrma emailată) se calculează după formula lui Fourier conform relației :

$$Q_d = \frac{2 \cdot \pi \cdot \lambda_c \cdot l}{\ln \frac{r_2}{r_1}} (t_1 - t_2), \text{ kcalh}, \qquad (9)$$

în care :

Q_d este căldura transmisă prin conductibilitate termică de către pelicula de email, kcalh ;

λ_c — coeficientul de transmitere a căldurii prin conductibilitate termică, kcalmh°C ;

l — lungimea peretelui cilindrului (sîrma de emailat) în porțiunea studiată, m ;

r_1, r_2 — razele peliculei de email pe fața interioară și exterioară, m ;

t_1, t_2 — temperatura peliculei de email pe fața interioară și exterioară, °C.

Prin urmare, cantitatea de căldură transmisă prin peretele cilindric este proporțională cu coeficientul de conductibilitate termică λ_c, cu lungimea l și diferența de temperatură $\Delta t_{em} = t_1 - t_2$ și invers proporțională cu logaritmul natural al raportului dintre raza exterioară r_2 și raza interioară r_1. În locul raportului razelor se poate lua raportul diametrelor. Din această relație se poate vedea că pentru o valoare constantă a coeficientului de conductibilitate termică λ, temperatura în interiorul materialului (pelicula de email) variază după o curbă logaritmică (fig. 9).

În relația (9), dacă se consideră $l = 1$, va rezulta :

$$\Delta t_{em} = \frac{Q_d \ln \frac{r_2}{r_1}}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_c}, \quad °C. \qquad (10)$$

În această relație se observă că diferența de temperatură Δt_{em} este direct proporțională cu cantitatea de căldură primită și cu logaritmul natural al raportului dintre cele două raze (grosimea peliculei de email) și invers proporțională cu coeficientul de conductibilitate termică.

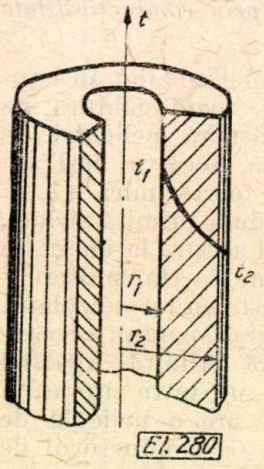


Fig. 9. Conducția căldurii prin peretele cilindric omogen (sîrme emailate).

În privința coeficientului λ_c, el este constant la o temperatură constantă ; valoarea lui variază însă cu mărirea temperaturii. Necunoscînd variația lui λ_c în funcție de temperatură, se vor lua ca bază numai valorile limită date de literatură (0,15 —0,23 kcalmh°C).

Această valoare arată că emailul este și un bun termoizolant chiar la grosimi foarte mici (în cazul nostru la ultima trecere maximum 0,05 mm) ; totuși, la valori mari ale lui Q_d (temperaturi mari de emailare), diferența de temperatură Δt_{em} dintre suprafețele peliculei de email (suprafața exterioară și interioară) este destul de mare, pe cînd la prima trecere prin baia de lac și cuptor (grosimea circa 0,005 mm) diferența de temperatură va fi de cel puțin 10 ori mai mică (întrucît curba creșterii temperaturii are o alură logaritmică). În cazul primei treceri, aproape toată căldura primită de conductor la emailare este transmisă firului metalic (cupru), acesta avînd în fiecare punct pe toată lungimea cuptorului o temperatură aproape egală cu pelicula de lac în curs de polimerizare. În cazul ultimei treceri (cînd Δt_{em} este cel mai mare) nu toată căldura poate fi cedată firului metalic și din această cauză suprafața conductorului (unde se află pelicula de lac în curs de polimerizare) va fi supusă la o temperatură mai ridicată de tratament termic. Aceasta este una dintre cauzele care fac ca ultimul strat (și ultimele straturi) de lac să fie suprapolimerizat sau ars la dimensiuni mari, unde inerția calorică a firului metalic (capacitatea calorică) este mare, în cazul tratamentului termic al conductorului la emailare la temperaturi egale pentru fiecare trecere.

Căldura de emailare (cantitatea de căldură totală $Q_c + Q_r$)

S-a văzut cum se comportă sîrma pentru emailare în cuptorul de emailare sub acțiunea separată a celor două căi de transfer al căldurii. Analizîndu-le împreună, pentru compararea intensității lor (puteri de emisiune), a rezultat diagrama din figura 10, care reprezintă valoarea lui Q_r și variația lui Q_c în funcție de temperatură și de dimensiunea sîrmei de emailat la ultima trecere la emailare (se consideră că la ultima trecere la emailare $\varepsilon = 0{,}765$).

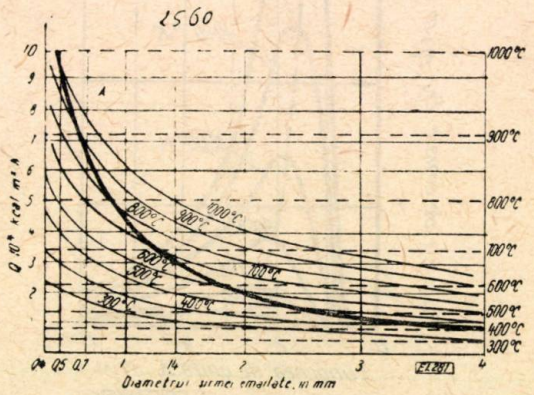


Fig. 10. Variația transferului de căldură în funcție de temperatura de emailare (20°C + Δt) și de grosimea sîrmei emailate la ultima trecere la emailare :

– – – transferul de căldură prin radiație ;
——— transferul de căldură prin convecție ;
——— curba A de separare a zonelor predominante de transfer prin radiație și convecție.

Din această diagramă se observă că la dimensiunile și temperaturile sub curba A (dimensiunile și temperaturile mici) predomină transferul de căldură prin convecție, pe cînd la dimen-

siunile și temperaturile mari de tratament termic predomină transferul de căldură prin radiație. Aceste transferuri de căldură (fig. 10) sînt date pe m². Dacă se adună cantitatea de căldură $Q_c + Q_r = Q_{t8}$, rezultă cantitatea totală de căldură care este primită de conductor pe unitatea de suprafață și timp. Calculînd însă pe suprafața reală a sîrmei și luînd în considerare și căldura specifică a acesteia, va rezulta :

$$(V_8) = \frac{Q_{t8} \cdot F \cdot \tau}{C_{Cu} \cdot V \cdot \gamma_{Cu}} = \frac{Q_{t8} \cdot \pi \cdot D \cdot L \cdot \tau}{C_{Cu} \frac{\pi \cdot D^2 L}{4} \gamma_{Cu}} =$$

$$= \frac{\tau}{C_{Cu} \cdot \gamma_{Cu}} \cdot \frac{4 Q_{t8}}{D}, \qquad (11)$$

în care :

(V_8) este temperatura (viteza) de încălzire a sîrmei ;
C_{Cu} — căldura specifică a metalului de emailat, kcal/kg ;
γ_{Cu} — greutatea specifică a sîrmei (cupru), kg/dm³ ;
D — diametrul sîrmei de emailat, mm ;
L — lungimea sîrmei de emailat, m ;
V — volumul sîrmei de emailat în porțiunea studiată, dm³.

Notînd pe $\frac{\tau}{C_{Cu} \cdot \gamma_{Cu}} = K$, va rezulta

$$(V_8) = K \cdot \frac{4 \cdot Q_{t8}}{D}. \qquad (12)$$

Reprezentînd grafic relația (12), va rezulta familia de curbe din figura 11.

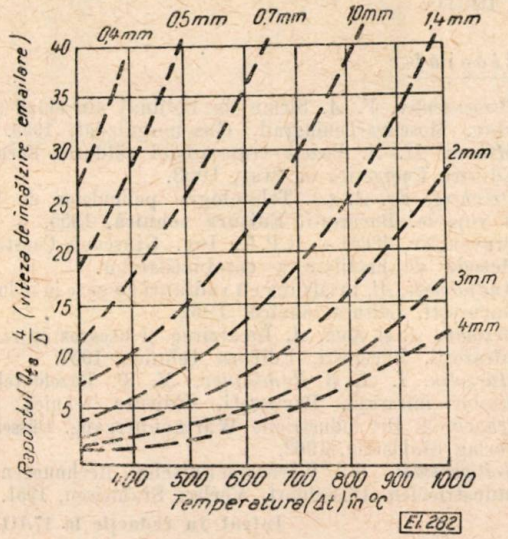


Fig. 11. Variația raportului $Q_{t8} \frac{4}{D}$ (viteza de încălzire-emailare) la diverse dimensiuni de sîrmă în funcție de temperatura cuptorului de emailare ($\Delta t + 20°C$).

Calculînd la fel și pentru prima trecere de emailare (unde $\varepsilon = 0{,}2$) va rezulta diagrama din figura 12 care reprezintă valoarea lui Q_r și variația lui Q_c în funcție de temperatură și de dimensiunea sîrmei de emailat.

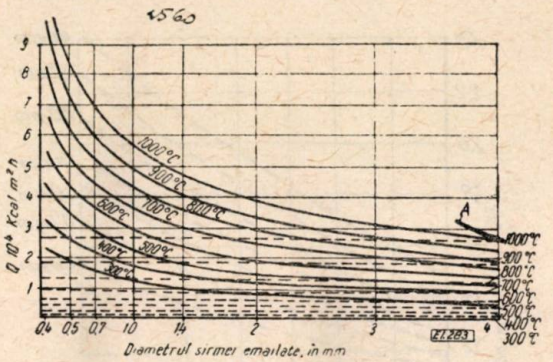


Fig. 12. Variația transferului de căldură în funcție de temperatura de emailare ($20°C + \Delta t$) și de grosimea sîrmei emailate, la prima trecere la emailare :
– – – – – transferul de căldură prin radiație ;
——— transferul de căldură prin convecție.

Din această diagramă se observă că linia curbei A (fig. 10) este prea sus și nu se poate reprezenta, întrucît variația (influența) energiei radiante este foarte redusă ($\varepsilon = 0{,}2$) ; energia prin convecție are și ea valori puțin mai mici din cauza suprafeței exterioare a conductorului (D sîrmă ultima trecere $> D$ sîrmă prima trecere), și în consecință și fluxul caloric mai mic, așa cum rezultă și din diagramă.

Însumînd $Q_c + Q_r = Q_{t1}$, rezultă cantitatea totală de căldură care este primită de conductor pe unitatea de suprafață și timp, iar prin reprezentarea grafică a acesteia, în baza relației (12), va rezulta familia de curbe din figura 13.

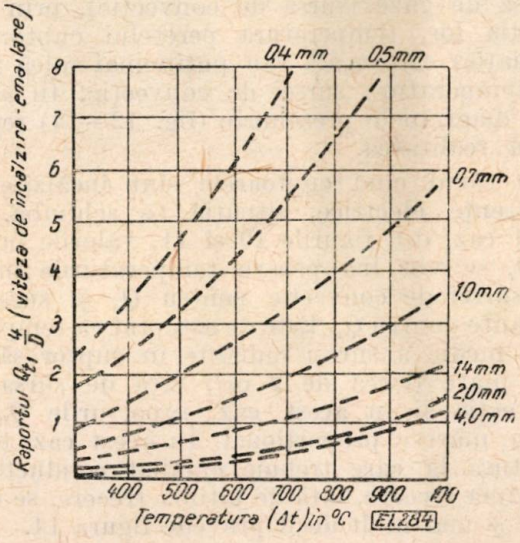


Fig. 13. Variația raportului $Q_{t1} \frac{4}{D}$ (viteza de încălzire-emailare) la diverse dimensiuni de sîrmă în funcție de temperatura cuptorului de emailare ($\Delta t + 20°C$).

Comparînd cele două familii de curbe (fig. 11 și 13), se constată că rezultă diferențe apreciabile la vitezele de încălzire. Reprezentînd grafic aceste diferențe sub raporturile lor de încălzire, respectiv raportul dintre energia primită de

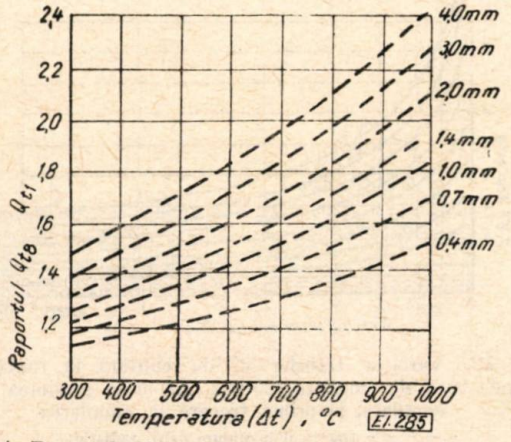


Fig. 14. Raportul dintre cantitatea de căldură (care acționează asupra conductoarelor la emailare) la ultima și prima trecere prin cuptorul de emailare la diverse temperaturi de lucru.

conductor la ultima trecere și prima trecere, rezultă diagrama din figura 14, care demonstrează categoric că diferențele de încălzire dintre prima și ultima trecere a sîrmei prin cuptor la emailare cresc cu diametrul firului de emailat și cu temperatura (viteza) de emailare.

Pentru trecerile intermediare diferențele de temperatură, (respectiv intensitatea de căldură) vor avea valori intermediare proporționale.

Se precizează că la transmiterea căldurii Q_t diferă de la cuptor la cuptor.

Astfel, în cuptoarele la care căldura este adusă de gaze (sursă de convecție), prin circulația lor, temperatura peretelui cuptorului (radiație) este egală sau puțin mai mică față de temperatura sursei de convecție. În acest caz, diagramele prezentate (fig. 12—14) reprezintă realitatea.

În cazul cînd cuptoarele sînt încălzite cu rezistențe electrice, situația se schimbă. În acest caz, din figurile 10 și 11, valorile lui Q_c și Q_r se vor lua pentru temperaturile medii ale sursei de convecție pentru Q_c și surselor radiante pentru Q_r. Este de așteptat ca temperatura medie a sursei radiante în cuptor să fie mai mare (circa de 2 ori) față de sursa de convecție și în acest caz, raporturile Q_{t8} și Q_{t1} se măresc proporțional. În acest caz, temperatura la care trebuie emailat conductorul la prima trecere, față de ultima trecere, se mărește și mai mult decît prevede figura 14.

Concluzii

Din studiul procesului de emailare, din punctul de vedere al transmiterii căldurii, pentru polimerizarea fiecărui strat în parte, în mod corespunzător rezultă:

— la emailarea conductoarelor de dimensiuni mici (cu diametrul sub 0,5 mm), procesul de uscare și coacere (polimerizare) la aceeași temperatură și durata de tratament termic este corespunzător în sensul că asigură obținerea caracteristicilor necesare ultilizării lor, la viteze mari de emailare;

— pentru emailarea conductoarelor de dimensiuni mijlocii (0,9—1,5 m diametru) la viteze mici de emailare se pot obține conductoare emailate de bună calitate, folosind la procesul de uscare și coacere (polimerizare) aceeași temperatură și durată de tratament termic; pentru mărirea vitezelor de emailare acest tratament termic nu mai este corespunzător. În acest caz este obligatorie utilizarea tratamentului termic diferențiat, respectiv este necesară o temperatură mai ridicată sau o durată de tratament mai lungă la prima (primele) trecere față de ultima (ultimele), iar la trecerile intermediare sînt necesare zone intermediare;

— pentru emailarea conductoarelor de dimensiuni peste 3 mm diametru, emailarea este posibilă numai dacă se aplică tratament termic diferențial;

— emailarea conductoarelor la temperaturi mari asigură obținerea conductoarelor emailate de cea mai bună calitate cu viteze mari de emailare, ceea ce aduce reducerea consumului de curent electric și creșterea productivității muncii, respectiv o reducere a prețului de cost pînă la 20%;

— procesul de emailare a conductoarelor prin tratament termic diferențiat cere o tehnicitate mai mare.

Bibliografie

[1] *Privenzențev, V. A.* Sîrme de bobinaj din email și din fibre. Moscova-Leningrad, Gosenergoizdat, 1959.
[2] *Miheev, M. A.* Bazele transmisiei căldurii. București, Editura Energetică de Stat, 1953.
[3] *Drinberg, Ia. A.* ș.a. Tehnologia peliculelor de lacuri și vopsele. București, Editura tehnică, 1955.
[4] Brevet Nr. 42241 — R.P.R. Ing. Giurcanu Constantin, Metoda de emailare a conductoarelor.
[5] *Andjulovici, Al.* Încălzirea cu radianți cu gaze în industrie. București, Editura tehnică, 1962.
[6] *Berman, A.* și *Roth, A.* Încălzirea și uscarea cu radiații infraroșii. București, Editura tehnică, 1957.
[7] *Margolin, I. A.* și *Rumianțev, N. P.* Bazele tehnicii razelor infraroșii. București, Editura tehnică, 1957.
[8] *Schack, A.* Der industrielle Wärmeübergang. Düsseldorf, Verlag Stahleisen, 1962.
[9] *Heiligenstadt, W.* Wärmetechnische Rechnungen für Industrieöfen. Düsseldorf, Verlag Stahleisen, 1951.

Intrat în redacție la 17.III.1964

Cu privire la parametrii de proiectare a electromagneților de acționare a contactoarelor de curent alternativ

Eliza Engher și **Radu Tomoiagă*** – București

CZ 621.318.35:621.316.549.001.24

În aparatele de comutație de joasă tensiune, acționate de la distanță, electromagnetul de acționare este elementul principal de care depinde în mare măsură siguranța de funcționare a agregatelor.

Metodele de calcul și de proiectare a electromagneților, descrise în literatura de specialitate pînă în momentul de față, nu țin seamă de toate fenomenele care apar în procesul dinamic, considerînd neglijabile unele elemente care confirmă justețea calculului numai în regim static.

Necesitatea creșterii duratei de viață a contactoarelor, care să satisfacă scheme complicate de acționare pentru automatizări cerînd o frecvență mare de acționare, a scos și mai mult în evidență neexactitatea metodelor existente de proiectare.

Defecțiunile dese apărute în funcționarea contactoarelor, care au la bază, în majoritatea cazurilor, o funcționare nesigură a electromagnetului, au făcut necesară completarea metodelor clasice de proiectare prin altele, de natură experimentală, care să pună în evidență metode noi de calcul.

La laboratorul întreprinderii „Electroaparataj" se studiază fenomenele caracteristice funcționării electromagneților în scopul furnizării elementelor de calcul.

1. Remanența magnetică

Unele tipuri de electromagneți prezintă în mod accentuat fenomenul de remanență magnetică.

După întreruperea curentului, inducția magnetică remanentă din miezul electromagnetului produce o forță de atracție remanentă, care în multe cazuri este suficient de mare ca să mențină contactorul în poziție deschis, după întreruperea curentului de alimentare, ceea ce poate produce accidente grave în exploatare.

Acest fenomen s-a manifestat în mod deosebit la electromagneții releelor de etaj pentru ascensoare, la electromagneții de frînă, la electromagneții contactoarelor cu mișcare de rotație, în special la contactorul de 200 A.

* Ing. *E. Engher* este șef serviciu laboratoare din întreprinderea „Electroaparataj" – București, iar ing. *R. Tomoiagă* este șeful laboratorului electrotehnic din aceeași întreprindere.

1.1. Cauzele teoretice care determină existența inducției magnetice remanente

Prin parcurgerea ciclului de histerezis la fiecare trecere prin zero a cîmpului magnetic rămîne în fier o inducție remanentă ($B'r$) (fig. 1),

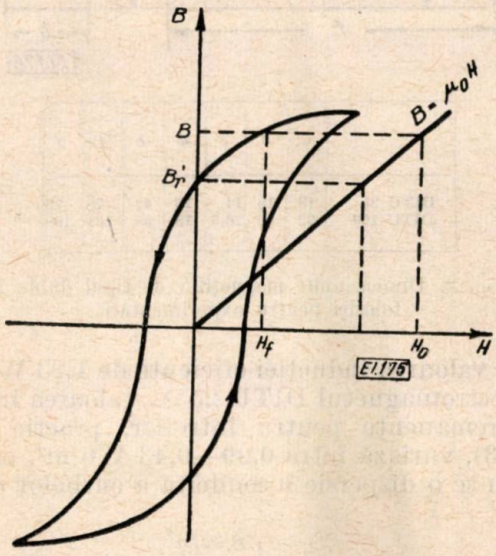


Fig. 1. Ciclu histerezis.

a cărei mărime este determinată, atunci cînd magnetul este închis și fluxul de scăpări neglijabil, de :

a) alura ciclului de magnetizare (orice schimbare a formei curbei de magnetizare ducînd la variația remanenței) ;

b) amplitudinea inducției de la care începe ciclul descendent de histerezis ;

c) momentul întreruperii circuitului de alimentare, deoarece inducția este o funcție sinusoidală de timp, conform relației :

$$\varphi = \frac{\sqrt{2} \cdot E}{\omega \cdot N} \cos \omega t.$$

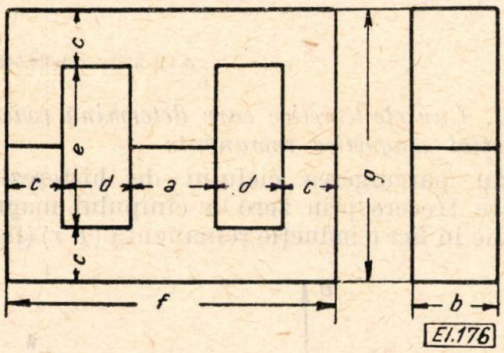
1.2. Factorii care influențează valoarea inducției remanente

Momentul întreruperii. Cu ajutorul unui întreruptor sincron se poate întrerupe circuitul de alimentare a bobinei în diferite faze ale curbei tensiunii, pentru fiecare situație măsurîndu-se valoarea inducției remanente.

Pentru experimentare s-au folosit 20 de electromagneți de tipul dublu E (fig. 2), din care jumătate aparțin contactoarelor cu relee

DITU 100 A și jumătate contactoarelor DITU 25 A tip B, fără să aibă montate spirele ecran.

Măsurările s-au efectuat pentru declanșări la intervale de 30° în cadrul unei perioade.



	a	b	c	d	e	f	g
DITU 25	18	18	14	16	42	78	70
DITU 100	32	40	26,5	18	55	121	108

Fig. 2. Dimensiunile magneților de tipul dublu E folosiți pentru experimentări.

La valoarea inducției eficiente de 1,23 Wb/m² la electromagnetul DITU 25 A, valoarea inducției remanente pentru întrefier, practic zero (fig. 3), variază între 0,29—0,43 Wb/m², observîndu-se o dispersie însemnată a curbelor datorită neuniformității de rectificare și abaterilor tehnologice de fabricație.

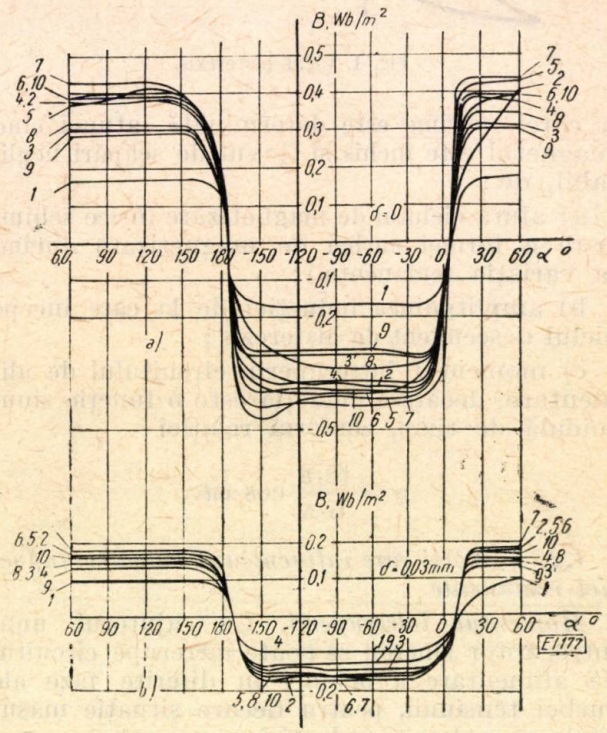


Fig. 3. Caracteristica inducției magnetice remanente funcție de unghiul de întrerupere a tensiunii de alimentare la electromagneții de tip dublu E:
a — pentru $\delta = 0$; *b* — pentru $\delta = 0{,}03$ mm.

Inducția remanentă în funcție de unghiul de deschidere este o curbă în formă „dreptunghiulară", amplitudinea fiind constantă indiferent de unghiul de deschidere, cu excepția punctelor de trecere prin zero. Această formă se datorește regimului tranzitoriu, curentului absorbit și fluxului din circuitul magnetic, atunci cînd întreruperea se face pe o plajă de ±30° în jurul trecerii tensiunii prin zero (fig. 4).

Inducția remanentă dă naștere unui flux continuu și unei forțe a cărei valoare se poate calcula cu formula:

$$F_r = \beta \cdot K \, \Phi_r^2,$$

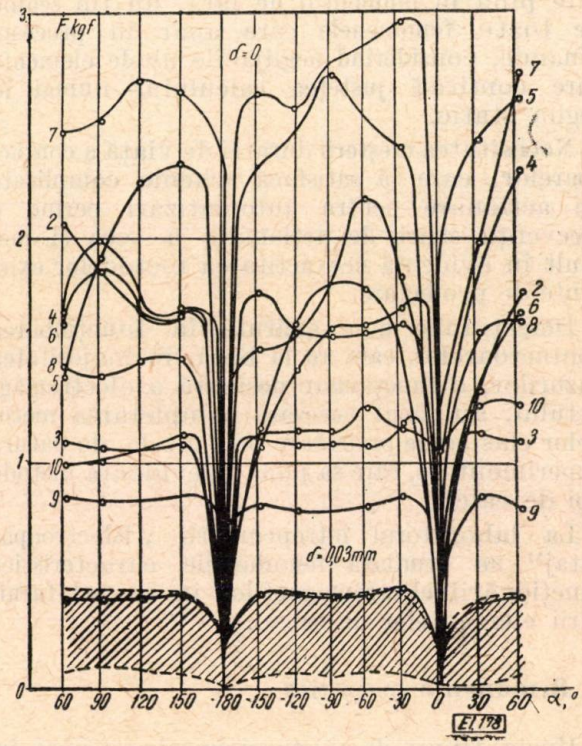


Fig. 4. Caracteristica forței remanente funcție de unghiul de întrerupere a tensiunii de alimentare la electromagneții de tip dublu E pentru $\delta = 0$ și $\delta = 0{,}03$ mm.

în care:

- β este factorul demagnetizant care ține seamă de scăderea inducției remanente față de cea rezultată din ciclul histerizis;
- K — factorul care ține seamă de forma și dimensiunile electromagnetului;
- Φ_r — fluxul remanent.

În figura 4 se găsesc forțele remanente corespunzătoare inducțiilor măsurate și prezentate în figura 2. Întrucît ele depind de pătratul inducției, dispersia curbelor este mai largă (760—2 650 g), iar forma tot dreptunghiulară.

În concluzie, inducția și forța remanentă nu depind de momentul întreruperii circuitului de alimentare a bobinei, cu excepția unei anumite zone în jurul trecerii lor prin zero.

Întrefierul. În scopul determinării influenței întrefierului asupra inducției remanente s-au efectuat măsurările în cazul întrefierului care există între armături imediat după rectificare ($\delta \simeq 0$) și în cazul unui întrefier de 0,03 mm.

La electromagneții contactorului DITU 25 A tip E pentru valoarea inducției eficace de 1,23 Wb/m², după introducerea întrefierului $\delta = 0{,}03$ se observă (fig. 2) o scădere a inducției remanente de 2—3 ori și o îngustare cu 66,5% a dispersiei curbelor. Forțele remanente scad de la 740—2 650 grame la 67—450 grame, adică de 6—11 ori (fig. 4).

Concluzia rezultă chiar din aceste măsurări. Pentru a se obține scăderea forței remanente de peste zece ori a fost suficientă introducerea unui întrefier de 0,03 mm.

Inducția de lucru. Influența rezultă din curbele $B_r = f(B_{ef})$, unde inducția magnetică remanentă urmărește o curbă asemănătoare cu caracteristica de magnetizare, atunci cînd inducția de lucru crește (fig. 5).

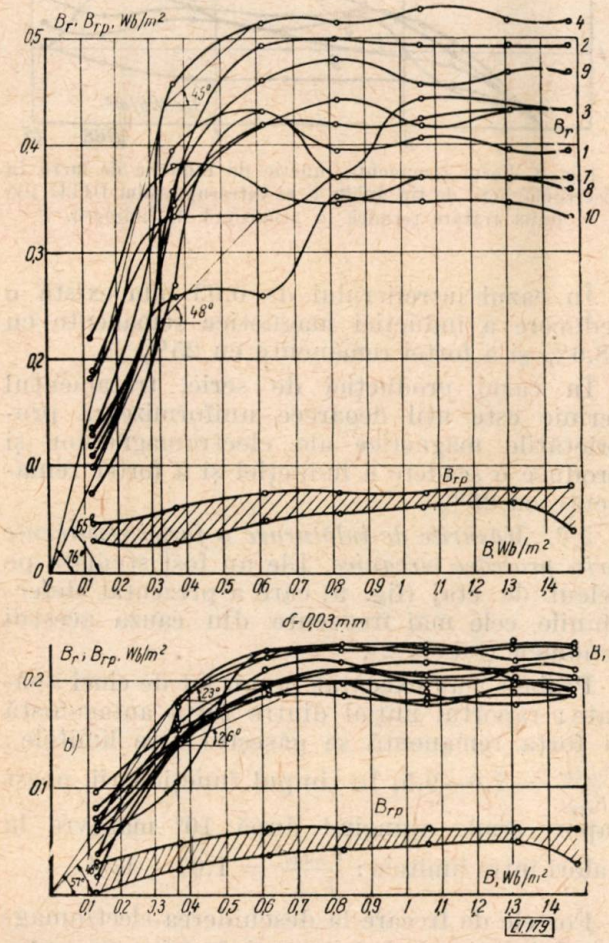


Fig. 5. Caracteristica inducției remanente funcție de inducția de lucru la electromagneții de tip dublu E ai întreruptorului DITU 100:
a — pentru întrefier $\delta = 0$; *b* — pentru întrefier $\delta = 00{,}3$.

Forța remanentă este neglijabilă pentru inducții de lucru mai mici decît 0,15 Wb/m², după care urmează o creștere aproape liniară pînă în zona 0,5—0,75 Wb/m², unde capătă valorile maxime (fig. 6).

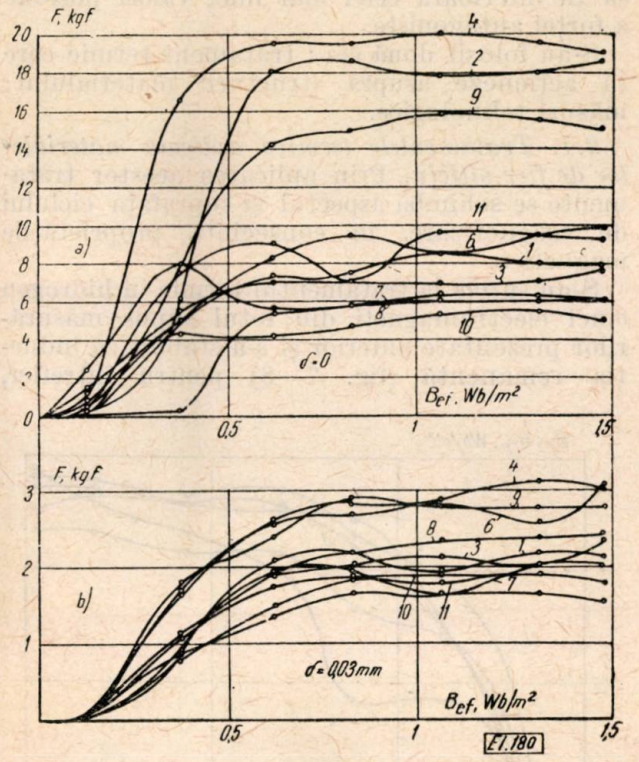


Fig. 6. Caracteristica forței remanente funcție de inducția de lucru la electromagneții de tip dublu E ai întreruptorului DITU 100.

Pentru valori $B_{ef} = (0{,}5—0{,}75)$ Wb/m² rezultă următoarele forțe remanente (fig. 6, tabela 1), în comparație cu forțele antagoniste

Tabelul 1

	δ, mm	F_r, kgf	F_{antag}, kgf
DITU 25 A	0	0,82—2,5	3,5
	0,03	0,1—0,4	
DITU 100 A	0	4,5—19	15
	0,03	1,75—2,8	

(F_{antag}) ale resorturilor aparatelor respective. În zona de saturație, inducția și forța remanentă au o tendință de ușoară scădere.

În concluzie, pentru inducțiile de lucru în plaja $B_{ef} = (0{,}8—1{,}5)$ Wb/m², forțele și inducțiile magnetice remanente sînt constante și au valori care pot produce „lipirea" electromagnetului.

2. Fenomenul de „lipire"

Deoarece fenomenul de remanență magnetică nu se poate înlătura, s-au căutat căile de reducere a forței remanente, produsă de fluxul magnetic remanent, la valoare constantă, care să fie inferioară celei mai mici valori posibile a forței antagoniste.

S-au folosit două căi : tratament termic care să acționeze asupra structurii materialului; măsuri tehnologice.

2.1. Tratamentele termice aplicate materialelor de fier-siliciu. Prin aplicarea acestor tratamente se schimbă aspectul și suprafața ciclului de magnetizare, în consecință proprietățile magnetice.

S-au supus la tratamentul termic în hidrogen cinci electromagneți din lotul supus măsurărilor prezentate anterior și s-a stabilit că inducția remanentă (fig. 7—8) pentru întrefier,

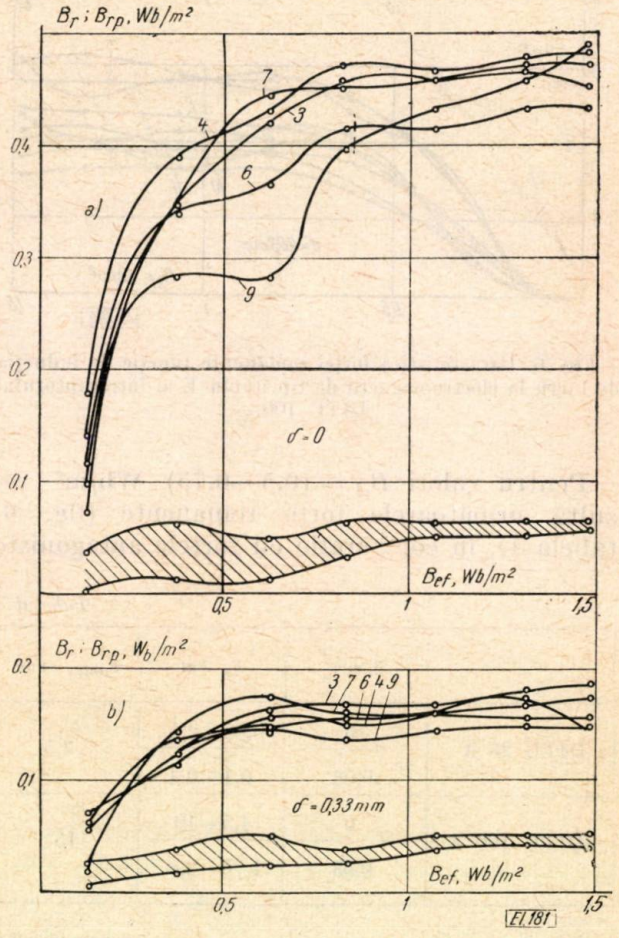


Fig. 7. Inducția remanentă funcție de inducția de lucru la electromagneții de tip dublu E la întreruptorul DITU 100 după tratare termică în atmosferă de hidrogen.

practic zero, se găsește în zona 0,411—0,466 Wb/m², iar pentru întrefier 0,03 mm este 0,14—0,166 Wb/m², atunci cînd inducțiile de lucru sînt mai mari decît 0,8 Wb/m², respectiv 0,6 Wb/m².

Avem o reducere a dispersiei curbelor cu 66% pentru $\delta \simeq 0$ și de 50% pentru $\delta = 0{,}03$ mm, ceea ce indică o uniformizare a caracteristicilor magnetice ale electromagneților.

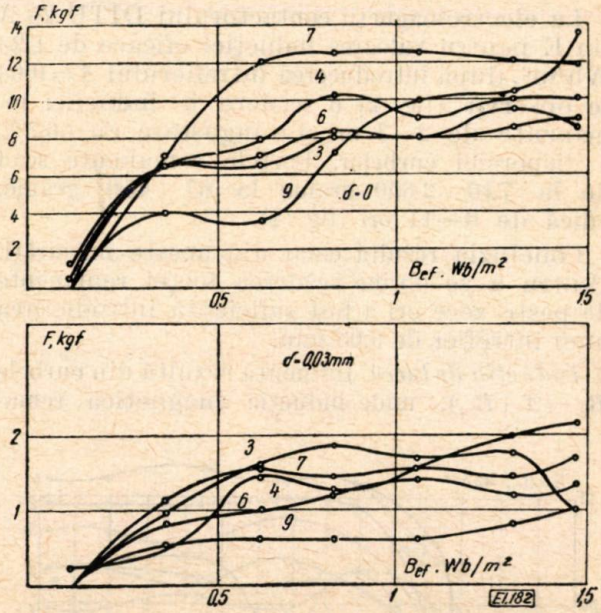


Fig. 8. Forța remanentă funcție de inducția de lucru la electromagneții de tip dublu E ai întreruptorului DITU 100 după tratare termică în atmosferă de hidrogen.

În cazul întrefierului de 0,03 mm există o reducere a inducției magnetice remanente cu 28,6% și a forței remanente cu 25%.

În cazul producției de serie, tratamentul termic este util deoarece uniformizează proprietățile magnetice ale electromagneților și produce o scădere a inducției și a forței remanente cu 25%.

2.2. Măsurile de înlăturare a forței remanente prin procedee mecanice. Ele au fost studiate pe releul de etaj (fig. 9) care a prezentat defecțiunile cele mai frecvente din cauza acestui fenomen (tabela 2).

Probele s-au executat pe un lot de cinci aparate; raportul inițial dintre forța antagonistă și forța remanentă se găsește între limitele : $\frac{F_{antag}}{F_{rem}} = 2{,}6-9{,}5$. În timpul funcționării, acest raport scade ajungînd după 10^6 manevre la valori între limitele : $\frac{F_{antag}}{F_{rem}} = 1{,}07 - 1{,}34$.

Forțele de frecare la deschiderea electromagnetului acționează în sensul forței remanente, așa încît fenomenul de „lipire" apare atunci cînd raportul se găsește în zona : $\frac{F_{antag}}{F_{rem}} = 1, 1-1{,}15$, adică înainte de a se realiza condiția matematică a lipirii $F_{antag} = F_{rem}$.

Tendința de scădere a acestui raport, cînd aparatul se găsește în funcționare normală, se

Tabela 2

Rezultatele măsurărilor obținute la releul de etaj

Nr. manevre	0							603 000 manevre 406 000 pentru resorturi							1 266 000 manevre 1 070 000 pentru resorturi						
Electromagnet	δ, mm	I, A	B_{rem}, Gs	F_{rem}, g	F_{ant}, g	L_A, mm	L_B, mm	$\frac{F_{ant}}{F_{rem}}$	δ, mm	I, A	B_{rem}, Gs	F_{rem}, g	F_{ant}, g	L_A, mm	L_B, mm	$\frac{F_{ant}}{F_{rem}}$	δ, mm	I, A	B_{rem}, Gs	F_{rem}, g	F_{ant}, g	L_A, mm	L_B, mm	$\frac{F_{ant}}{F_{rem}}$
1	0,25	0,33	668	85	800	35–37	7,3–7,4	9,40	0,20	0,30	1 040	325	500	–	–	1,54	0,15	0,22	1 100	375	400	30	7,1–7,2	1,07
2	0,15	0,25	980	185	1 000	35–37	7,3–7,4	5,40	0,15	0,24	1 500	490	800	–	–	1,63	0,15	0,23	1 760	570	650	29,5	7,0–7,2	1,14
3	0,25	0,33	867	215	700	35–37	7,3–7,4	3,26	0,25	0,29	1 120	350	500	–	–	1,43	0,20	0,22	1 195	350	450	29	7,0–7,2	1,28
4	0,15	0,32	738	110	600	35–37	7,3–7,4	5,45	0,15	0,28	1 260	425	600	–	–	1,41	0,15	0,26	1 295	450	600	29,5	7,15–7,2	1,34
5	0,30	0,30	838	270	700	35–37	7,3–7,4	2,60	0,25	0,28	1 120	350	500	–	–	1,43	0,20	0,25	1 370	400	450	32	7,2–7,3	1,12

Notațiile: δ – întrefier principal, mm; I – curentul absorbit de bobină în poziția închis a paletei, A; B_{rem} – inducția remanentă, Gs; F_{rem} – forța remanentă, g; F_{ant} – forța antagonistă a tuturor resorturilor montate pe releu, g; L_A – lungimea liberă a resortului paletei, mm; L_B – lungimea liberă a resortului contactului, mm; F_{rem} – raportul dintre forța antagonistă și cea remanentă.

datorează scăderii forței antagoniste și creșterii forței remanente, astfel:

Scăderea forței antagoniste este un proces cu caracter mecanic determinat de însumarea deformărilor permanente pe care le suferă piesele

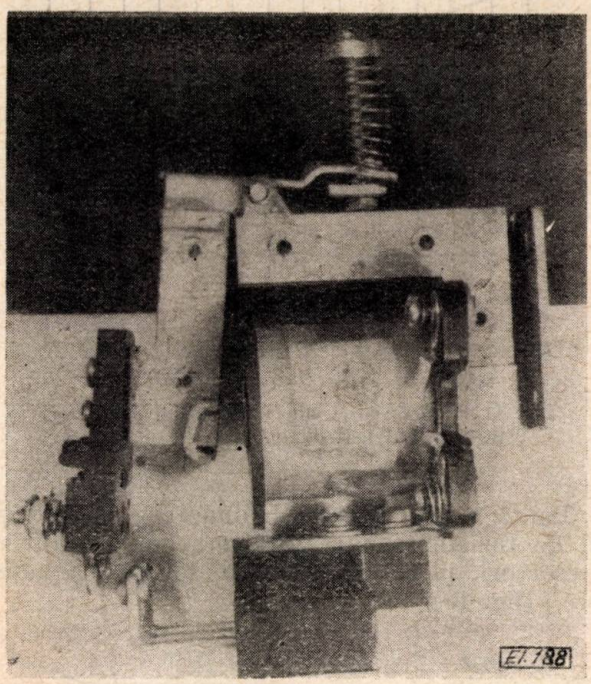


Fig. 9. Releu de etaj.

și resorturile în timpul manevrelor, ca de exemplu (fig. 10):

resortul A – lungime inițială, 35–37 mm;
– lungime finală la $1{,}266.10^6$ manevre, 29–30 mm;

resortul B – lungime inițială, 7,3–7,4 mm;
– lungime finală la $1{,}266.10^6$ manevre, 7,1–7,2 mm.

Afară de micșorarea forței resorturilor, în timpul manevrelor apare și o deformare a pîrghiei pe care apasă resortul A.

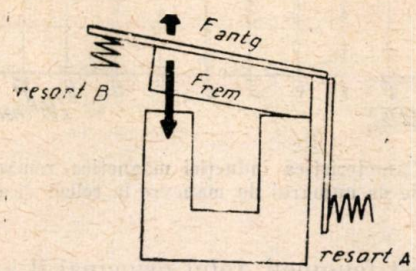


Fig. 10. Releu de etaj: schema forțelor remanentă și antagonistă.

Alte consecințe ale manevrelor sînt: uzura mecanică a contactelor și uzura pieselor de bachelită.

Dacă se notează cu n numărul de manevre, se poate scrie că F_{antag} este o funcție care are tendințe de scădere (fig. 14), $F_{antag} = f(n)$.

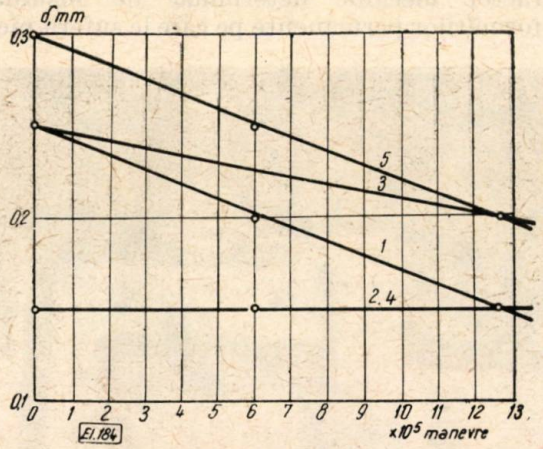


Fig. 11. Caracteristici ale întrefierului în funcție de numărul manevrelor la releul de etaj.

Panta acestei curbe depinde de construcția și de rezistența mecanică a subansamblurilor (resorturi, piese metalice, piese de bachelită etc.) (fig. 13).

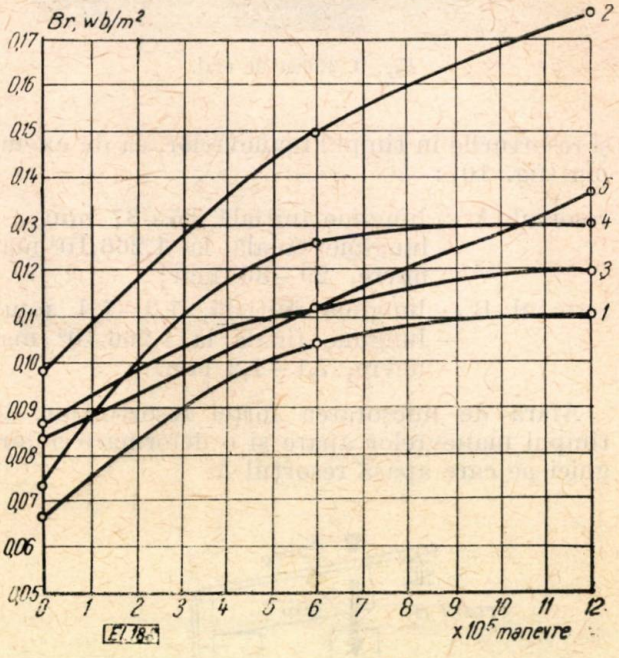


Fig. 12. Caracteristica inducției magnetice remanente în funcție de numărul de manevre la releul de etaj.

În acest fenomen, rolul principal îl au resorturile care capătă deformări permanente apreciabile.

Creșterea forței remanente. Valoarea inducției remanente este determinată de mărimea întrefierurilor din cadrul circuitului magnetic. În acest scop s-au prevăzut întrefieruri suplimentare care limitează fluxul și forța remanentă la o valoare scăzută. În timpul manevrelor, aceste întrefieruri, datorită uzurii mecanice, se micșorează. La trei electromagneți, întrefierul inițial a fost cuprins în plaja 0,25—0,3 mm, care după $1{,}266.10^6$ manevre a ajuns la 0,15—0,2 mm (fig. 11). Scăderea întrefierului este asociată cu scăderea curentului absorbit și cu creșterea inducției magnetice remanente B_r, implicit a forței remanente F_{rem}.

3. Măsuri pentru eliminarea fenomenului de „lipire"

Înlocuirea arcurilor deformate cu arcuri corespunzătoare împreună cu întreținerea permanentă a întrefierurilor constituie soluția cea mai bună.

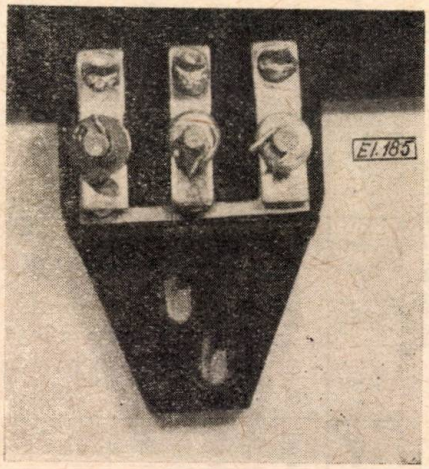


Fig. 13. Clapeta releului de etaj.

Mărirea întrefierului de lîngă articulația paletei trebuie să fie de ordinul 0,35 mm.

Este necesar ca lungimea arcurilor să rezulte din confecționarea pe mașină, înlăturîndu-se întinderea resorturilor în timpul montării.

Pe o porțiune de două treimi a polului inactiv se poate executa un întrefier care prezintă avantajul că este mai rezistent la manevre mecanice.

Concluzii

Din cele arătate se vede că doi factori contribuie în mod esențial la fenomenul de „lipire":

1) creșterea forței remanente cu scăderea întrefierului, ca urmare a uzurii suprafețelor polare (fig. 14);

2) reducerea forței antagoniste, ca urmare a deformărilor permanente ale resorturilor și uzurii pieselor în mișcare.

Înlăturarea acestor factori este necesară şi suficientă pentru atenuarea remanenţei. Pentru aceasta trebuie luate următoarele măsuri:

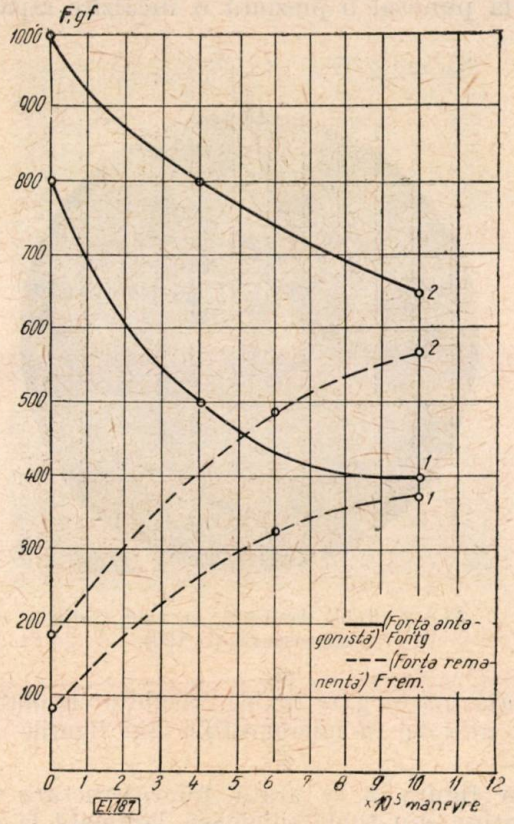


Fig. 14. Caracteristica forţei antagoniste şi a forţei remanente funcţie de numărul de manevre.

— izolarea întrefierului, astfel încît acesta să-şi menţină o valoare constantă, independentă de uzura mecanică;

— folosirea unor resorturi tratate în ulei, care să nu aibă deformaţii sensibile pe durata de viaţă a aparatului.

Înlăturarea fenomenului de remanenţă, fie prin tratament termic, fie prin măsuri de ordin tehnologic sau prin folosirea ambelor metode, de la caz la caz, după importanţa aparatului şi eficienţa economică a procesului tehnologic adoptat.

Bibliografie

[1] *Akimţev, In. I.* Zavisimosti staticeskoi silî ot razmerov iadra elektromagnetik nostoianoi M. S. În: Vestnik electromaslenosti **32**, nr. 11, 1961.

[2] *Liubcik, M. A.* Rosciot i proektizoramie elektromagnitor jostoianovo i peremenovo toka. Moscova, Gosenergoizdat, 1959.

[3] *Helmuth, F.* Zugkraftmessungen an Wechselstrommagnete für Luftschütze. În: ETZ-A **82**, nr. 11, 1961.

[4] *Jung, A.* Calcul des électroaimants industriels. Paris, Dunod, 1958,

[5] *Roters.* Elektromagnitnîe mehanizmî. (Mecanisme electromagnetice). Moscova, Gosenergoizdat, 1949.

[6] *Zaianovschi, A. S.* şi *Usov, V. V.* Metale şi aliaje electrotehnice. Bucureşti., Editura energetică de stat, 1954.

[7] *Cosmin, Gh.* Determinarea dimensiunilor optime ale electromagneţilor de curent alternativ monofazat. În: Electrotehnica **8**, nr. 11, 1960.

[8] *Fugaru, C.* şi *Nistor, Gh.* Tratamentul termic al tolei silicioase laminate la rece cu pierderi reduse folosită în industria electrotehnică. În: Electrotehnica **10**, nr. 11, 1962.

Intrat în redacţie la 15.X.1963

Metode metalografice aplicate la controlul calităţii tablelor silicioase

Maximilian Băltănoiu şi Sever Şontea* — Craiova

CZ 621.318.22: 669.14.018.583

Tabla silicioasă este unul dintre cele mai importante materiale întrebuinţate în industria electrotehnică.

În ultimii ani, la fabricaţia transformatoarelor de putere se foloseşte mai ales tabla silicioasă laminată la rece, datorită proprietăţilor superioare pe care aceasta le prezintă, în comparaţie cu tabla silicioasă laminată la cald. Utilizarea tablei laminate la rece în U.R.S.S. şi în alte ţări a determinat efectuarea unor experimentări cu scopul de a completa probele electrice de recepţie cu probe de altă natură [2].

* Ing. M. Băltănoiu şi ing. S. Şontea lucrează la Serviciul laborator central uzinele „Electroputere" — Craiova.

1. Cercetarea metalografică

După diagrama de echilibru Fe-Si (fig. 1) [2], la concentraţia de 4% siliciu în fier, constituentul metalografic este soluţia solidă a siliciului în fier.

Prima problemă care s-a pus, în acest caz, a fost găsirea unor reactivi metalografici, cu ajutorul cărora să se poată efectua studiul metalografic al tablei silicioase, avînd în vedere că este vorba de o soluţie solidă în care constituentul principal este ferita.

Folosind lucrările ştiinţifice publicate în acest domeniu [2] s-au experimentat mai mulţi reactivi metalografici.

Aceşti reactivi au fost încercaţi atît pentru operaţia de lustruire, cît şi pentru corodarea manuală şi electrolitică.

Pentru cercetări s-au folosit peste 100 eşantioane metalografice din tablă silicioasă de diferite calităţi şi în diferite stadii ale prelucrărilor tehnologice (neprelucrat, debitat, fără găurire, tratat termic şi netratat termic).

Eşantioanele au avut dimensiunile 0,35 × 20 × × 50 mm. Pentru uşurarea prelucrărilor, eşantioanele au fost încastrate în material plastic.

Şlefuirea eşantioanelor s-a făcut manual sau mecanic, cu ajutorul hîrtiei de şlefuit metalografice cu granulaţia pînă la 350.

Corodarea electrolitică s-a făcut la un aparat Zeiss.

Pentru observarea şi fotografierea microstructurii s-au folosit bancul metalografic MIM-3 şi stereomicroscopul SM-XX.

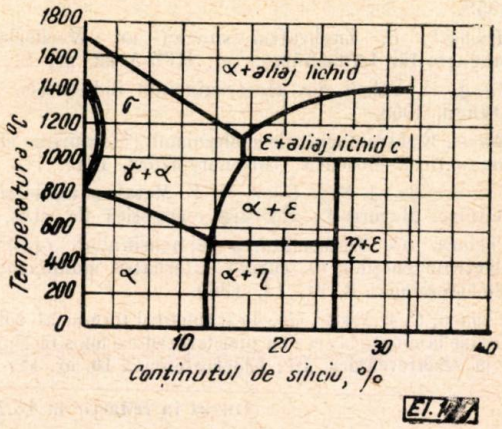


Fig. 1. Diagrama de echilibru a sistemului Fe-Si.

Cercetarea incluziunilor nemetalice. Pentru obţinerea unei suprafeţe lustruite, care să pună în evidenţă prezenţa incluziunilor, s-au folosit ca metode :

a. Şlefuirea eşantioanelor pe hîrtie de şlefuit metalografică şi lustruirea manuală a acestora cu o soluţie apoasă de Al_2O_3.

b. Şlefuirea eşantioanelor pe hîrtie de şlefuit metalografică şi lustruirea electrolitică a acestora cu reactivul : 190 ml acid fosforic ; 30 g anhidridă cromică.

Regimul de lucru adoptat după mai multe experimentări este următorul : curentul 0,4 A ; tensiunea 30 V ; durata 1 1/2 min.

c. Şlefuirea eşantioanelor metalografice pe hîrtie de şlefuit metalografică şi lustruirea electrolitică a acestora cu reactivul : 133 ml acid acetic ; 25 g anhidridă cromică ; 70 ml apă distilată. Regimul de lucru adoptat după mai multe experimentări a fost următorul : curentul 0,4 A ; tensiunea 20 V ; durata 1 1/2 min. Rezultatele obţinute au fost mai bune la procesul lustruirii electrolitice (reactivii de la punctul b şi c) faţă de procesul lustruirii manuale (reactivii de la punctul a).

La majoritatea experimentărilor s-a adoptat reactivul de la punctul c, întrucît reactivul de la punctul b prezintă o încălzire rapidă şi

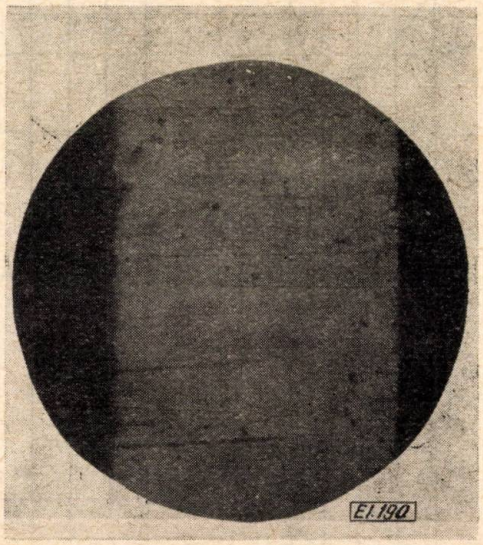


Fig. 2. Tablă laminată la cald, secţiune transversală (×120).

degajă intens gaze toxice. Rezultatele obţinute sînt arătate în micrografiile din figurile 2, 3 şi 4.

În figura 2 se arată microstructura unui eşantion din tablă silicioasă laminată la cald, în secţiune transversală, în care se observă incluziuni mărunte de formă globulară răspîndite în toată suprafaţa. Figura 3 reprezintă

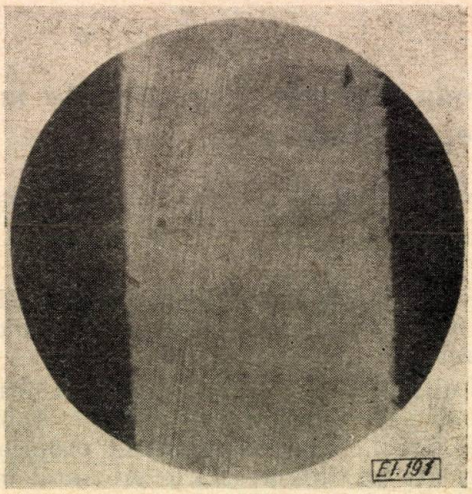


Fig. 3. Tablă laminată la cald, secţiune longitudinală (×120).

microstructura unui eşantion din tablă silicioasă laminată la cald, în secţiune longitudinală. În microstructură se observă incluziuni mai mari, unele de formă poliedrică neregulată.

Figura 4 reprezintă microstructura unui eşantion din tablă silicioasă laminată la cald, în secţiune longitudinală, în care se observă o răspîndire intensă a incluziunilor în structură.

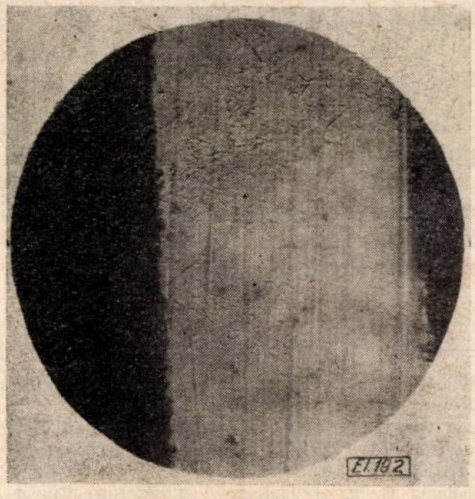


Fig. 4. Tablă laminată la cald, secţiune longitudinală (×120).

În figura 5 se observă microstructura unui eşantion din tablă silicioasă laminată la rece, în secţiune transversală. În microstructură se observă incluziuni globulare mari, în şiruri aproape continue şi restrînse, ca răspîndire.

Cercetarea microstructurii. O anumită orientare a cristalelor din microstructură are o influenţă deosebită asupra proprietăţilor magnetice ale tablei silicioase.

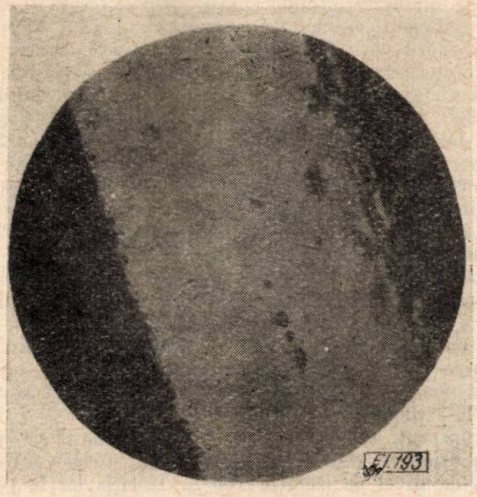


Fig. 5. Tablă laminată la rece, secţiune transversală (×120).

Pentru punerea în evidenţă a cristalelor tablelor silicioase de diferite calităţi, s-au încercat următorii reactivi :

a — atac electrolitic cu acid fosforic, 300 ml; atac electrolitic cu alcool metilic, 700 ml;

b — atac electrolitic cu acid fosforic, 45%;

c — atac cu persulfat de amoniu 10% asupra eşantioanelor lustruite cu : 133 ml acid acetic; 25 g anhidridă cromică; 70 ml apă.

Reactivii de la punctele a-b nu au dat rezultate satisfăcătoare. Reactivul de la punctul c a pus în evidenţă într-o oarecare măsură orientarea grăunţilor în secţiunea transversală a eşantioanelor.

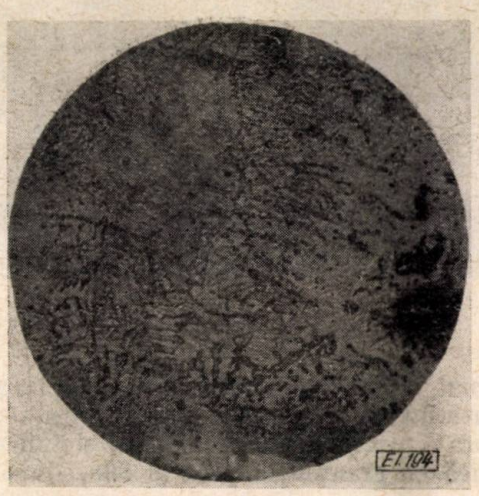


Fig. 6. Tablă silicioasă tratată cu reactivul de la punctul c (× 120).

În figura 6 se arată microstructura obţinută la un eşantion după tratamentul făcut cu ajutorul reactivului de la punctul c.

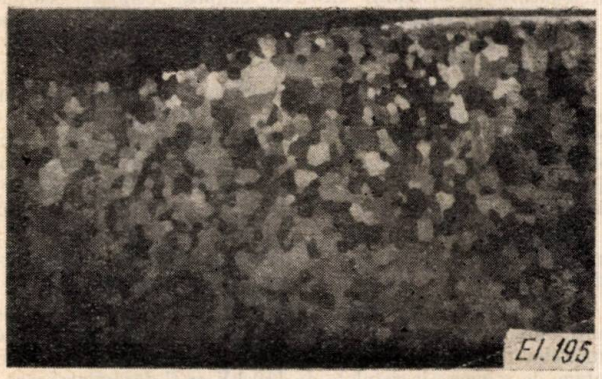


Fig. 7. Tablă laminată la cald.

Cercetarea mărimii grăuntelui. Mărimea granulaţiei este determinată de mai mulţi factori printre care cei mai importanţi sînt următorii : elaborarea [3]; regimul de recoacere după laminare [3]; tratamentele termice ulterioare [1]; oţelul silicios pentru tablă electrotehnică, elaborat în cuptorul Siemens-Martin, are un grăunte mai mic decît cel elaborat în cuptorul electric [3].

După experimentările cercetătorilor sovietici [3], temperatura de recoacere a oţelului elaborat în cuptorul Siemens trebuie să fie cu aproape 50°C mai ridicată decît recoacerea

oţelului cu elaborare electrică, pentru ca mărimea grăuntelui să fie asemănătoare. Pentru punerea în evidenţă a mărimii grăuntelui s-au

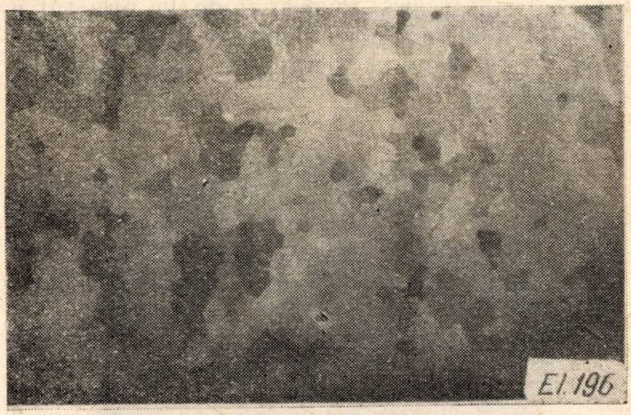


Fig. 8. Tablă laminată la rece.

luat mai multe eşantioane care s-au încastrat în material plastic. Secţiunea longitudinală a acestora a fost şlefuită cu hîrtie de şlefuit metalografică cu granulaţia pînă la 360, după care s-a atacat cu persulfat de amoniu, obţinîndu-se structuri poliedrice diferite, după calitatea tablelor din care s-au prelucrat eşantioanele.

În figurile 7 şi 8 se arată macrostructura unor eşantioane din tablă silicioasă, obţinute după tratamentul arătat.

Concluzii

Metodele metalografice experimentate şi expuse pot fi folosite cu succes la controlul calităţii tablelor silicioase în stare de livrare, precum şi în fazele prelucrărilor mecanice şi tratamentelor termice la care sînt supuse în procesul tehnologic de fabricaţie.

Bibliografie

[1] *Contorovici, I. E.* Tratamentul termic al oţelului şi fontelor. Bucureşti, Ed. tehnică, 1953.
[2] *Krisonova, E. G.* Metodă pentru stabilirea dislocaţiilor în oţelul pentru transformatoare. In : Laboratorul uzinei, nr. 10, 1960.
[3] *Koroleva, V. A.* şi *Melmkov, A. I.* Influenţa structurii iniţiale de transformatoare asupra propietăţilor lui magnetice. În : Oţelul, nr. 10, 1959.

Intrat în redacţie la 17.VII.1963

DISCUŢII

In legătură cu articolul „Studii asupra izolaţiei echipamentului electric de 110 kV fabricat în R.P.R." de Costina Dorin, Mathe Balasz şi Stanciu Valeriu. Electrotehnica nr. 8, 1962, p. 304—313.

Articolul menţionat este interesant, printre altele, pentru faptul că reprezintă punctul de vedere al singurei uzine constructoare de echipament de staţii de înaltă tensiune din ţara noastră. În acelaşi timp, articolul constituie o invitaţie la discuţii pentru specialiştii din institutele de cercetări şi proiectări, din organizaţiile de montaj şi exploatări energetice.

Rîndurile de faţă încearcă să contribuie la discuţiile necesare în jurul acestui subiect, sperînd să vină cu cîteva clarificări.

1. La pagina 306, prima coloană, se comentează supratensiunile interne şi se ajunge la concluzia că „deslegarea punctelor neutre ale transformatoarelor şi introducerea unor bobine de stingere în reţelele de 110 kV ar fi dezavantajoasă, poate imposibilă, pentru izolaţia echipamentului fabricat în ţară". Consider că această nesiguranţă în poziţia fabricii constructoare este nejustificată, cel puţin pentru o parte a echipamentului încercat conform tabelei 6 din articol.

După toate normele, legarea bobinei de stingere pe neutrul sistemului reprezintă nivel de izolaţie 100%, iar neutrul transformatoarelor se izolează din plin şi se încearcă la tensiunea de încercare a bornelor de intrare.

Transformatoarele de fabricaţie „Electroputere" sînt cu izolaţie degresivă şi punerea directă a neutrului la pămînt este obligatorie. Sînt posibile cazuri în care curenţii de scurtcircuit în sistem nu permit legarea la pămînt a neutrelor tuturor transformatoarelor, pe partea de 110 kV. În aceste situaţii, pentru a proteja izolaţia, prevederea pe neutru a unui descărcător cu rezistenţă variabilă de clasă de izolaţie minim 35 kV — maxim 60 kV, este obligatorie pentru toate transformatoarele care rămîn cu neutru nelegat direct la pămînt. Aceasta este practica la noi în ţară şi peste hotare, pentru aceleaşi condiţii.

Ţinînd seama de caracteristica fundamentală a sistemului nostru de 110 kV, de a fi cu neutrul legat direct la pămînt nivelul de izolaţie al transformatoarelor de putere şi de tensiune este numai 80% (undă 1/5 μs—450 kV), ceea ce este necesar şi suficient, aşa cum se va arăta ulterior. Plecînd de la ideea coordonării izolaţiei pe două nivele, aparatul, ale cărui caracteristici sînt determinate pentru izolaţia întregului echipament, este descărcătorul cu rezistenţă variabilă. La pagina 309, tabela 2, se indică datele tehnice ale descărcătoarelor DRV şi DRVS actuale şi cele propuse a fi realizate pentru staţiile de 110 kV. La poziţia 2 din tabela 2 se precizează tensiunea maximă la 50 Hz de funcţionare a descărcătorului în kV. Pentru descărcătoarele actuale valoarea este 100 kV, iar pentru cele propuse a fi realizate se indică 90 kV. Analizînd aceste valori rezultă că descărcătoarele sînt precis destinate sistemelor cu neutrul pus direct la pămînt, unde, în caz de punere la pămînt monofazată, tensiunea pe descărcător nu depăşeşte 80% din tensiunea maximă de linie. Ţinînd seamă de posibilităţile de întrerupere a curentului de însoţire şi de capacitatea termică garantată, descărcătorul nu poate funcţiona în sisteme cu neutrul tratat prin bobină de stingere.

Întreruptorul, separatorul şi transformatorul de curent sînt dimensionate, conform tabelei 6, pentru clasa de izolaţie 110 kV, cu nivel de izolaţie 100%. Izolaţia lor le permite funcţionarea în reţele cu neutrul tratat prin bobine de stingere.

Neconcordanţa este evidentă între dimensionarea izolaţiei primei şi celei de a doua grupe de aparate şi este discutabilă numai dacă se indică schema de protecţie aleasă, care ar putea situa aparatele izolate 100% într-o poziţie defavorabilă în cadrul zonei de protecţie a descărcătorului.

2. În privinţa supratensiunilor de comutaţie şi a efectului lor asupra izolaţiei echipamentului, în ultimul timp s-au precizat în literatura de specialitate unele rezultate valoroase. CEI şi-a fixat punctul de vedere prin recomandarea ca limită maximă admisibilă a tensiunilor de comutaţie a valorii 0,72 U_i(U_i = tensiunea de ţinere la impuls cu undă plină

standardizată). Valoarea 0,72 U_i rezultă din faptul că experiența indică o rezistență a izolației echipamentului față de tensiunile de comutație de 140% din tensiunea de încercare de frecvență industrială și numai 85% din tensiunea U_i de ținere la impuls cu undă 1/50 μs. Dacă din 85% se scad 15% pentru rezervă, rezultă 0,72 U_i, recomandat de CEI.

Cel mai interesant aspect al acestor constatări este faptul că s-a căutat și, practic, s-a găsit un coeficient de echivalență a solicitărilor la supratensiuni de comutație cu acele realizate de undele de impuls standardizate, corespunzătoare supratensiunilor atmosferice. [2], [3], [4], [5], [6], [7], [11], [12], [13], [16].

3. Aplicînd formulele (10) și (11) date în articol, și coeficientul de rezervă obișnuit de 1,2—1,3 la descărcătoarele cu caracteristicile indicate în tabela 2 (p. 309) nu obținem valoarea de 450 kV (tensiunea de încercare cu undă plină 1/50 μs pentru nivel de izolație 80%).

Astfel: $U_p = 1{,}15\ U_r + 30 = 421$ kV

$$U_i = 1{,}2 - 1{,}3 U_p = 505 - 547 \text{ kV}.$$

De aici rezultă că rezervele considerate în relații sînt prea mari, remarcînd în special raportul $\frac{U_p}{U_{r5}} = 1{,}23$ care face ca $\frac{U_i}{U_{r5}} = 1{,}5 - 1{,}6$, în comparație cu raportul real calculat pe baza datelor prezentate în articol $\frac{U_i}{U_{r5}} = \frac{450}{340} = 1{,}32$.

În relații U_p = nivelul de protecție.

U_{r5} = tensiunea reziduală pentru un curent de impuls de 5 kV, formă 10/20 μs.

Metoda sovietică de calcul expusă în articolul în discuție dă rezultate mult mai apropiate.

Deoarece în literatura noastră tehnică nu am întîlnit o metodă simplă și clară pentru determinarea nivelelor de protecție și de izolație, prezentăm mai jos o metodă pe care o considerăm că va realiza scopul propus [1].

Să considerăm nivelul de protecție U_p al unui descărcător. Coeficientul de protecție C_p se definește ca raportul dintre U_p și U_{ms}, U_{ms} fiind tensiunea maximă de serviciu la care este supus descărcătorul în valoare eficace:

$$C_p = \frac{U_p}{U_{ms}} \tag{1}$$

Pentru C_p, recomandările CEI nr. 99 dau valoarea 3,6, descărcătorul fiind capabil să întrerupă curentul de însoțire dat de U_{ms}.

U_{ms} este legată de tensiunea maximă de linie U_m prin coeficientul de punere la pămînt C_{pp}, prin relația:

$$U_{ms} = C_{pp}\, U_m . \tag{2}$$

În mod normal, $U_{ms} = \frac{U_m}{\sqrt{3}}$ și deci $C_{pp} = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0{,}577$.

Această valoare crește în caz de punere la pămînt monofazată sau în caz de deschidere a liniei la o extremitate îndepărtată.

Pentru rețele cu neutrul pus direct la pămînt $C_{pp} \leqslant 0{,}8$, dar din diagramele prezentate în lucrarea [1] rezultă că depinde în mare măsură de parametrii liniei și poziția considerată într-o anumită configurație a rețelei.

Nivelul de ținere trebuie să fie mai mare decît nivelul de protecție și recomandările CEI — 99 prevăd coeficientul de rezervă C_r ca raport $C_r = \frac{U_i}{U_p} = 1{,}2$. Norme mai prudente iau acest coeficient pînă la 1,3.

Astfel, între nivelul de izolație la impuls U_i și tensiunea maximă de linie rezultă relația:

$$U_i = C_r \times C_p \times C_{pp} \times U_m \tag{3}$$

Pentru un sistem de 110 kV cu neutrul legat direct la pămînt, luînd $C_r = 1{,}2 - 1{,}3$; $C_p = 3{,}6$; $C_{pp} = 0{,}8$ și $U_m = 123$ kV:

$$U_p = 3{,}6 \times 0{,}8 \times 123 = 354 \text{ kV},$$

$$U_i = (1{,}2 - 1{,}3)\, U_p = 450 \text{ kV}.$$

Din analiza relației (3) se pot deduce posibilitățile de reducere a nivelului de izolație.

Coeficientul de rezervă $C_r = 1{,}2 - 1{,}3$ este satisfăcător și o reducere a lui poate deveni riscantă.

Mari progrese s-au obținut în ultimul timp în domeniul descărcătoarelor cu rezistență variabilă prin mărirea capacității lor termice și posibilității de întrerupere a unor curenți de însoțire mari. Coeficientul C_p a fost redus de la 3,6 la 2,9 [1], [9], iar cercetările pentru reducerea lui în continuare constituie preocupări permanente. Problemele se complică însă mult o dată cu coborîrea tensiunii de amorsare la impuls în domeniul supratensiunilor de manevră.

Plecînd de la progresele recent realizate, $C_p = 2{,}9$, pentru o izolație 80% la 110 kV,

$$U_i = 1{,}2 \times 2{,}9 \times 0{,}8 \times 123 = 342 \cong 350 \text{ kV}.$$

Rezultatul arată posibilitatea actuală de coborîre a nivelului de izolație 80% pentru $U_p = 110$ kV la nivelul izolației 100% pentru $U_n = 60$ kV, cu condiția menținerii supratensiunilor manevră la nivelul 0,72 U_i.

4. Considerațiile cu privire la gradarea izolației în stații și substații nu pot fi făcute de cît plecînd de la anumite scheme de protecție, lucru pe care autorii nu-l fac. Schema prezentată în figura 1 nu poate fi considerată ca o propunere și nici nu permite vreo apreciere.

În tabela 6 se dau tensiunile de încercare pentru echipamentul de 110 kV fabricat în țară. Separatoarele STE și STEP-110 kV, întreruptorul IUP-110 kV și transformatorul de curent TPE-110 kV sînt izolate 100% (230 kV la 50 Hz și 550 kV la impuls 1/50 μs).

Transformatorul de tensiune TTMU$_2$-110 kV și transformatoarele de putere TTU-110 kV sînt izolate 80%. În articolul în discuție se cere coborîrea în continuare a nivelului de izolație al transformatoarelor de putere, menționînd nivelul de 100% la aparatele de manevră și transformatorul de curent. O justificare a acestei poziții în cazul unui sistem cu neutrul pus direct la pămînt nu poate fi de cît faptul că o izolație sporită la aparatele de manevră și la transformatorul de curent se obține relativ simplu și fără o creștere sensibilă a prețului de cost. Se pune totuși întrebarea dacă este rațional un coeficient de siguranță sporit pentru izolații care, în general, sînt supuse mai puțin degradării progresive. Interesant este totuși faptul că în lucrarea [18], la p. 379 este prezentat separatorul STEP-110 kV, ultima realizare a Uzinei „Electroputere", cu contacte cu deschidere orizontală, pentru nivel de izolație 80%, conform STAS și, respectiv, CEI (tensiunile de încercare 185 kV la 50 Hz și 450 kV undă 1/50 μs). Această realizare vine în contradicție cu opinia autorilor expusă la capitolul „Propunerile Uzinei „Electroputere".

5. Cererea de completare a STAS-ului privind nivelele de izolație cu tensiuni de ținere la frecvență industrială, în stare uscată, este justificată, considerînd încercarea sub ploaie ca o încercare obligatorie de tip. Înlocuirea încercării sub ploaie cu o încercare în stare uscată echivalentă nu poate fi acceptată tocmai din cauza dificultății de găsire a echivalenței. Pe de altă parte diferențele între încercările sub ploaie după diverse norme nu sînt chiar așa mari cum susțin autorii, fapt analizat și precizat în lucrarea [19].

Orice tensiune se aplică, în fond, pe două izolații în paralel: o izolație formată din suprafețe de conturnare și o izolație solicitată la străpungere. Suprafețele exterioare sînt singurele afectate de ploaie și încercarea de tip dă indicii sigure asupra comportării seriei, în aceleași condiții de stare a suprafețelor. Calitatea suprafețelor de conturnare exterioare este cel mai puțin afectată de procesul tehnologic. Defectele mai frecvente apar în izolația supusă la străpungere și de aceea încercarea în stare uscată la producția de serie și în exploatare poate fi considerată cu totul concludentă. Aceasta, cu atît mai mult,

cu cît, în general, ploaia nu afectează cu nimic calitatea izolațiilor supuse la străpungere.

Tensiunile de încercare de frecvență industrială trebuie să rămînă aceleași ca la încercarea sub ploaie, din considerentele arătate mai sus.

Concluzii

Propunerile cu privire la nivelul de izolație al echipamentului de 110 kV trebuie să fie rezultatul unor studii complete pe modele și în exploatare, plecînd de la scheme de protecție împotriva supratensiunilor economic justificate. Stadiul actual al cunoașterii fenomenelor de supratensiuni atmosferice și de comutație permite o abordare mai precisă și mai completă a problemelor de dimensionare a izolațiilor echipamentului și liniilor.

Bibliografie

[1] *Goldstein, A.* I transformatori nelle reti ad altissima tensione. In: l' Elettrotehnica **11**, 1961.

[2] *Baltensperger, P.* Forme et grandeur des surtensions apparaissant lors de la coupure de faibles courants inductifs capacitifs dans les réseaux à haute tension. In: Revue BB, nr. 4, 1960.

[3] *Christoffel, M.* L'effet des surtensions de manoeuvre sur les transformateurs de puissance, les bobines d'inductance, les transformateurs de tension et de courant. In: Revue BB, nr. 4, 1960.

[4] *Gänger, B.* Surtensions de manoeuvre admissibles et essais de tenue d'isolation. In: Revue BB, nr. 4, 1960.

[5] *Christoffel, M.* Tendences modernes relatives à la protection contre les surtensions, particulierement pour les hautes tensions. In: Revue BB, nr. 10, 1961.

[6] *Gänger, B.* și *Hosemann, G.* Essais concernant la tenue de l'isolation en présence de surtensions de manoeuvres. In: Revue BB, nr. 5, 1959.

[7] *Avramescu, A., Răduleț, R.* și *Hortopan, G.* Cea de-a XXVII-a reuniune generală a CEI. In: Electrotehnica, nr. 9, 1962.

[8] CEI — Publication 99—1. Recommandations pour les parafoudres. Première partie: Parafoudres à résistence variable, 1958.

[9] *Sporn, P.* și *Gross, I. W. A.* A Quarter century of experience in insulation coordination: basic philosophy, application and operating experience on the AG & Systems. In: AIEE Transactions, part III, Power Aparatus and Systems, 1957.

[10] Soluții noi de protecție a instalațiilor electrice contra supratensiunilor atmosferice. București, IDT, 1962.

[11] AIEE Comittee Report. Switching surges I — Phase — to-Ground Voltages. In: Power Apparatus and Systems, nr. 54, iunie 1961.

[12] *Galyano, M. C., Hileman, A. R., Wagner C. L.* și *Detty V. C.* Fiel tests of lightning — arrester voltage and current caused by Switching a 220 kV line. In: Power Apparatus and Systems, nr. 54, iunie 1961.

[13] Modernizarea echipamentului și metode de mărire a eficienței mijloacelor de protecție contra supratensiunilor. Vol. **II**, București, IDT, 1962.

[14] CEI — Publication 71—1960 — Directives pour la coordination de l'isolement, 3-éme edition, 1960.

[15] *Hortopan, Gh.* Încercarea la impuls a echipamentului electric. București, IDT, 1958.

[16] AIEE Committee Report. Switching surges due to de energization of capacitive circuits. In: AIEE Transactions, part III, vol **76**, august 1957.

[17] *Meador, J. R.* Drop power transformer BIL 2 steps. In: Electrical world, vol **145**, nr. 8, 20 febr 1956.

[18] *Rădulescu, N.* Linii și stații electrice, îndreptar. București, Editura tehnică, 1962.

[19] *Kingsbury, E.* A Comparison of European and American Wet Flashover Test Methods. In: Power Apparatus and Systems, nr 48, iunie 1960.

[20] AIEE Committee Report. The Influence of Water Resistivity and Precipitation Rate Upon 60 Cycle Wet Flashover Voltage. In: AIEE Transaction part I, vol **77**, iulie 1958.

[21] *Streater, A. L.* și *Wilson W. R.*, Insulation Coordination of Circuit Breakers During Operation. In: Power Apparatus and Systems, nr. 48, iunie 1960.

[22] *Dolghinov, A. I.* Protecția instalațiilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice. București, Editura tehnică, 1957.

[23] AIEE Committee Report. The Influence of Water Resistivity and Precipitation Rate Upon 60 Cycle Wet Flashover Voltage. In: AIEE Transaction, part I, vol. **77**, iulie 1958. p. 350—358.

[24] *Streater, A. L.* și *Wilson, W.R.* Insulation Coordination of Circuit Breakers During Operation. In: Power Apparatus and Systems, nr 48, iunie 1960, p. 333—344.

[25] *Dolghinov, A. I.* Protecția instalațiilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice. București, Editura tehnică, 1957.

Ing. **Tiberiu Ciubotaru**

RĂSPUNSUL AUTORILOR

Observațiile ing. Tiberiu Ciubotaru contribuie la lămurirea problemelor legate de reducerea treptată a nivelurilor de izolare a echipamentului electric de înaltă tensiune al stațiilor electrice cu tensiune nominală de peste 60 kV.

Subliniind importanța reducerii izolației echipamentului stațiilor de 110 kV, autorii au pornit de la faptul că, deși la 110 kV nu este posibil să se reducă în aceeași măsură nivelurile de izolație ca la echipamentul cu tensiuni nominale peste 110 kV, totuși efectul economic al reducerii (chiar mai puțin sensibilă) este considerabil, datorită numărului mai mare de bucăți care trebuie fabricate pentru sistemul energetic al R.P.R. (numărul de transformatoare, întreruptoare, separatoare etc. este invers proporțional cu tensiunea nominală a acestora). Părerea autorilor este că reducerea nivelului de izolare a echipamentului de 110 kV este posibilă. În legătură cu observațiile făcute, arătam următoarele:

1. Tratînd problema solicitării izolației echipamentului electric de 110 kV, autorii au făcut afirmația că: „dezlegarea punctelor neutre ale transformatoarelor și introducerea unor bobine de stingere în rețelele de 110 kV ar fi dezavantajoasă, poate imposibilă, pentru izolația echipamentului fabricat în țară".

La baza afirmației a stat confruntarea solicitărilor care apar în acest caz în rețele cu neutrul nepus efectiv la pămînt, cu nivelul real de izolare a echipamentului electric fabricat de U.E.P.C., determinat experimental pe platforma de încercare.

Afirmația este o simplă confruntare a nivelului de izolare impus și cel real, bazîndu-se pe acel principiu că un echipament electric poate fi folosit în rețele cu neutrul efectiv pus sau nepus la pămînt, în funcție de rezervele de izolație și particularitățile sistemului de izolație pe care le are. Probabil că afirmația ing. Tiberiu Ciubotaru se bazează pe o informație incompletă, adică aceea că U.E.P.C. ar fabrica numai transformatoare de 110 kV, cu izolație degresivă, destinate pentru exploatare numai în rețele cu punere directă a neutrului la pămînt. În realitate, U.E.P.C. a fabricat, pînă în prezent, mai multe variante ale transformatoarelor de 110 kV, 31,5 și 16 MVA pentru nivelul de izolație plină și cu izolație uniformă, pe lîngă o mare varietate de transformare cu izolație degresivă.

Afirmația se referă și la acest echipament. Bineînțeles că din acest punct de vedere descărcătorul cu rezistență variabilă trebuie să fie obiectul unor considerații aparte. În acest caz se pune problema alegerii raționale a nivelului de protecție și nu a nivelului de izolare la care se referea afirmația autorilor.

Într-adevăr, autorii au împărțit echipamentul electric în două grupe; o grupă este reprezentată prin întreruptor, iar cealaltă grupă prin transformator de putere. Prima grupă (întreruptor, separator, transformator de curent), în special întreruptorul, trebuie să aibă siguranță de funcționare maximă, deci și nivelul de izolare mărit. Acest lucru se realizează la aceste produse fără cheltuieli excesive.

În cea de-a doua grupă intră transformatorul de putere a cărui defectare este nedorită, dar în cel mai rău caz duce la deconectarea unei linii de 110 kV şi nu a staţiei întregi. Pe de altă parte, la transformator reducerea izolaţiei are şi avantaje economice substanţiale, acceptînd un risc pentru exploatare, care nu este prea mare.

Dimensionarea izolaţiei după un astfel de principiu nu poate fi calificată ca lipsită de concordanţă.

2. Autorii sînt de acord cu afirmaţia ing. Tiberiu Ciubotaru cu privire la supratensiunile interne (termen mai corect decît termenul de „supratensiuni de comutaţie" folosit în discuţii) cu privire la efectul acestora asupra izolaţiei şi a echivalării acestora cu supratensiuni atmosferice (punctul 2 din „Discuţii").

În acest domeniu, investigaţiile sînt încă departe de etapa finală şi atît experienţa de exploatare a echipamentului electric cu izolaţie redusă, cît şi cercetările de laborator care se desfăşoară în prezent, pot să ducă la concluzii interesante [1]. Din ultimele recomandări rezultă că şi CEI nu consideră închisă această problemă.

3. La punctul 3 din „Discuţii" se face o propunere de calcul exact al nivelului de izolare şi de protecţie necesară, plecînd de la anumiţi coeficienţi.

Autorii sînt de părere că şi în acest domeniu, mai mult ca orice formulă sau coeficient de proporţionalitate, contează experienţa de exploatare a sistemelor energetice cu izolaţie redusă, care există chiar la această tensiune sau tensiune nominală foarte apropiată (de exemplu în S.U.A.).

4. Autorii au primit cu satisfacţie propunerea ing. Tiberiu Ciubotaru de a completa STAS-ul cu tensiuni de ţinere în stare uscată la frecvenţă industrială, dar din mai multe motive nu sînt de acord cu încercarea sub ploaie.

De fapt, aceste încercări nu sînt practicate decît pe scară foarte redusă în Europa. Firmele americane şi canadiene recurg la aceste încercări extrem de rar.

Concluzii

Autorii sînt de părere că este posibilă o reducere a nivelului de izolaţie şi de protecţie în reţelele noastre de 110 kV, desigur numai ca rezultat al unei activităţi intense de cercetare în această privinţă, şi ing. Tiberiu Ciubotaru este de părerea autorilor.

Motivele pentru care această reducere este posibilă sînt următoarele [1]:

a. Descărcătoarele cu rezistenţe neliniare, chiar de tipul actual (DRV şi DRVS), destinate pentru protecţia contra supratensiunilor externe (atmosferice) au, în general, suficientă capacitate de trecere (capacitate termică) pentru protejarea izolaţiei contra supratensiunilor interne de scurtă durată, ivite la deconectarea transformatoarelor în gol, limitînd considerabil valoarea supratensiunilor interne. Pe de altă parte, exemplul altor ţări arată că elaborarea unor descărcătoare tip ventil, care să limiteze şi supratensiunile interne, este perfect posibilă (este vorba de descărcătoare cu stingere magnetică şi descărcătoare cu „tervit", care ar putea să fie realizate de I.C.P.E.).

b. Întreruptorul are un rol determinat în stabilirea nivelului supratensiunilor interne într-un sistem. Noile întreruptoare cu rezistenţe liniare de şuntare şi înseriere şi, în special, cu rezistenţe neliniare, creează posibilităţi pentru reducerea esenţială a nivelurilor de izolaţie, ţinînd seamă de faptul că în tehnica mondială s-a creat şi „întreruptorul fără tensiuni" (la comutaţii, practic, nu apare nici o supratensiune).

c. În sistemul energetic se pot lua multe măsuri pentru crearea unor condiţii favorabile reducerii nivelului de izolaţie. Astfel, regimul de tratare a neutrului poate să fie revizuit avînd în vedere puterile de scurtcircuit relativ mici din sistemul energetic al R.P.R. (calculele sînt făcute cu multă acoperire). Coeficientul de punere la pămînt poate fi îmbunătăţit şi pot fi create condiţii pentru utilizarea descărcătoarelor de 70—75%. Schema de conectare a descărcătorului poate fi îmbunătăţită prin apropierea acestuia de obiectul protejat (conectarea descărcătorului direct la bornele transformatorului). Valoarea rezistenţelor de punere la pămînt şi a conturului de pămîntare poate să fie asigurată prin instrucţiuni speciale şi printr-o profilactică corespunzătoare.

d. Supratensiunile mari (cu un factor de multiplicitate $k \geqslant 2{,}9$) sînt extrem de rare şi numărul de funcţionare a descărcătoarelor este extrem de mic, uşor suportabil. Supratensiunile prelungite care au loc la linii foarte lungi, de tensiuni foarte înalte (reţele 380—500 kV), cu neutrul pus direct la pămînt, nu sînt specifice sistemelor energetice din R.P.R. Pe de altă parte, supratensiunile de această natură pot fi evitate printr-o secvenţă logică a conectărilor şi deconectărilor diferitelor porţiuni sau diferitelor faze din reţea. În ceea ce priveşte undele de supratensiuni externe şi interne, într-o măsură mai mică la staţii mari, unde intrarea este protejată conform normelor, unda incidentă se deformează şi se atenuează.

e. În echivalarea solicitărilor izolaţiei din exploatare şi de la platforma de încercare s-au utilizat, în general, coeficienţi de siguranţă prea mari. Cercetarea formei şi amplitudinii undei de supratensiune internă şi a echivalenţei ei cu tensiunile de încercare de la standul de probă este o sursă care poate să ducă la micşorarea nivelurilor de izolaţie.

Bibliografie

[1] *Costina, D., Mathé, B.* şi *Stanciu, V.* Studii privind problema reducerii nivelului de izolare a echipamentului staţiilor de 110 kV. In: Studii şi cercetări de energetică, seria A, nr. 1, 1963.

RECENZII

CZ 621.313.181.2:621.3.048

Hartmut Meyer. **Izolarea maşinilor electrice mari.** (Die Isolierung grosserelektrischer Maschinen), Springer-Verlag, Berlin—Göttingen—Heidelberg, 1962, 223 pag., 199 fig., 120 ref. bibl.

Datorită creşterii continue a puterii pe unitate la maşinile electrice, problema izolaţiei devine tot mai importantă şi se cere a fi tratată în mod special.

Autorul lucrării dipl-phys. Hartmut Meyer, specialist în domeniul izolaţiei maşinilor electrice, s-a folosit în primul rînd de experienţa acumulată la firma Siemens-Schuckertwerke, din R.F.G., prezentînd şi rezultatele cercetărilor efectuate în laboratoarele menţionate.

Primul capitol cu caracter introductiv prezintă într-un mod foarte interesant evoluţia izolaţiei maşinilor electrice, începînd cu soluţiile din anul 1820 şi continuînd pînă la soluţiile schemelor de izolaţii cu răşini sintetice termorigide din zilele noastre. Se consideră această trecere în revistă ca una dintre cele mai complete.

Problemele teoretice ale izolaţiei maşinilor electrice sînt tratate în cel de-al doilea capitol. În primul rînd problema intensităţii cîmpului electric în izolaţia de bază, respectiv a izolaţiei de crestătură, şi a capetelor de bobină. Întrucît schemele de izolaţie ale acestor izolaţii se compun din cîteva materiale, se pune problema determinării caracteristicilor electrice ale dielectricului compus. Tocmai pentru acest dielectric compus se prezintă — sub formă de grafice — valorile curente ale „intensităţii cîmpului electric de lucru" (E) sau folosind un termen încetăţenit în literatura noastră tehnică „gradientul de potenţial de lucru". Este de menţionat că determinarea lui E se face empiric, ţinînd seamă de experienţa în exploatare a maşinilor electrice şi de rezultatele încercărilor de laborator. Autorul prezintă relaţia: $E \leqslant 2$ kV/mm.

Pentru maşinile moderne, cu scheme de izolaţie perfecţionate, se aplică gradientul de potenţial la limită, respectiv 2 kV/mm. Aceasta înseamnă că pentru maşinile cu tensiunea (U_n) de 6 kV va reieşi o izolaţie a crestăturii nu mai groasă

de $\frac{U_n}{\sqrt{3}\cdot E} = \frac{6}{\sqrt{3}\cdot 2} = 1{,}73$ mm. Această reducere a grosimii izolației duce, implicit, la îmbunătățirea indicilor tehnico-economici ai mașinii. Tot în acest capitol este studiată izolația și din punct de vedere termic. Autorul și aici tratează dielectricul în mod complex, ținînd seamă de componentele sale care, în cazul cel mai general, este format din : *1* — suportul izolației ; *2* — izolația propriu-zisă ; *3* —materialul de impregnare ; *4* — materialul de consolidare. Aici sînt prezentate tabele și date foarte prețioase pentru constructorii de mașini electrice.

Problema propriu-zisă a izolației este tratată în capitolul al treilea. Acest capitol este împărțit în două părți : *1)*— materialele izolante ; *2)* —sistemele de izolație. Materialele izolante sînt studiate în ordinea importanței lor în schemele de izolație ale mașinilor electrice și începînd firește cu cele pe bază de mică. Apoi urmează studiul azbestului, al hîrtiei, al mătăsii, al produselor pe bază de sticlă, și terminînd cu materialele de impregnare sau cu lianții din rășini sintetice. Dat fiind extinderea pe care au luat-o aceste din urmă materiale în sistemele noi de izolație, autorul dedică un spațiu mai mare studiului lor. În special rășinile epoxidice sînt studiate mai amănunțit. Ținînd seamă că schemele de izolație folosind rășini sintetice au un caracter de noutate, nu se prezintă date cu caracter precis tehnologic. Schemele de izolație încep cu cele clasice, adică cu izolații pe bază de micafoliu și compoundate cu rășini termoplastice. Se arată, o dată cu calitățile, în special dielectrice, ale acestor scheme de izolație, și deficiențele lor. În special, schemele de izolație discontinue, cu izolație de crestătură din micafoliu și cu compound alco-bituminos și cu izolația capetelor de bobină din benzi de mică cu caracteristici termomecanice instabile în timp. Din cauza aceasta, în special la mașinile electrice mari, s-a trecut la folosirea schemelor de izolație, utilizînd ca material de bază mica și ca liant și material de impregnare, rășinile sintetice. Primul sistem de izolație de acest fel este cunoscut sub denumirea comercială „Termalastic" și a fost realizat de firma americană „Westinghouse". Rășina de impregnare este de tip poliesteric, modificat. În continuare s-au realizat sisteme folosind rășinile epoxidice în special. În carte se prezintă sistemele : Epitherm, realizat de AEG ; Orlitsa, al firmei Oerlikon — Elveția ; Micamat, General Electric — S.U.A. ; Micadur, Brown Boveri — Elveția etc. Caracteristica comună a tuturor acestor scheme de izolație constă în obținerea de izolații omogene termorigide.

În ultima vreme se folosesc sisteme de izolație, fără materiale pe bază de mică. Unul dintre acestea, cu denumirea comercială Silastic — S.U.A., folosește materiale pe bază de cauciucuri siliconice. Alt sistem al firmei japoneze „Fuji" folosește ca material izolant de bază sticla impregnată în rășini epoxidice. Cu o astfel de izolație a fost realizat un generator pentru tensiunea de 11 kV. Rezultatele sînt promițătoare, sistemul avînd tendință de generalizare.

Cel de-al patrulea capitol se ocupă cu problemele încercărilor izolației. Într-un mod interesant este prezentată problema duratei de viață a izolației folosindu-se de un bogat material statistic. În definitiv numai datele statistice din exploatare sînt proba cea mai eficientă a proiectării juste a unui sistem de izolație. Se analizează cauzele îmbătrînirii izolației, grupîndu-le în două principale categorii : termice și electrice. Încercările propriu-zise ale izolației sînt împărțite în trei grupe, și anume : 1) încercări nedistructive ; 2) încercări distructive ; 3) încercări de îmbătrînire accelerată. Prima grupă de încercări se referă, în primul rînd, la studiul variației tg δ în regim termic variat și în funcție de tensiune. Această metodă de măsurare și în special de apreciere a stării izolației a fost mult discutată în ultima vreme în literatura tehnică de specialitate. Autorul, pe baza experienței acumulate, consideră că în special în domeniul izolației mașinilor electrice această metodă este eficientă ; altă metodă constă în determinarea tensiunii de ionizare prin detectarea descărcărilor de înaltă frecvență ce au loc în incluziunile gazoase din dielectric. În sfîrșit, determinarea rezistenței de izolație.

Spre deosebire de alte lucrări similare, cartea lui Hartmut Meyer reușește să îmbine în mod armonios aspectul teoretic, respectiv electro-fizic al problemei izolației cu aspectele constructive și tehnologice. În afară de experiența acumulată, autorul se servește de un bogat material bibliografic (120 lucrări) pe care a știut să-l sistematizeze într-un mod deosebit, și mai ales să-l prezinte foarte plastic. De exemplu este foarte interesantă comparația dintre vîrsta medie a oamenilor și durata de viață a mașinilor electrice mari (Capitolul IV, partea 1, p. 119—125).

Cartea are un bogat caracter ilustrativ prin fotografiile, diagramele și tabelele prezentate.

Considerăm că lucrarea este de un real folos constructorilor de mașini electrice, la fel ca și specialiștilor care lucrează în exploatarea lor, referindu-ne la problemele încercărilor și refacerii izolațiilor. Traducerea acestei cărți în limba română ar fi justificată.

A. Bereu

CZ 621.319.4

G. W. A., Dummer și H. M., Nordenberg. **Condensatoare de capacități fixe și variabile** (Fixed and variable capacitors). Traducere în limba rusă (Kondensatori postoiannoi i peremennoi omkosti). Moscova, Gosenergoizdat, 1963, 313 pag., 160 fig., 22 tab., 435 ref. bibl.

Condensatoarele de capacități fixe și variabile sînt elemente de bază în electrotehnică și electronică. Pentru prima oară, în literatura tehnică de specialitate din S.U.A. apare o carte privind în mod special aceste probleme. Autorii, specialiști din S.U.A. și Anglia, prezintă experiența acumulată în ultimii ani în institutele de cercetări și în fabricile de specialitate din S.U.A.

Tipurile de condensatoare prezentate sînt legate de aproape toate felurile de dielectrici, respectiv gazoși, lichizi și solizi.

Cartea este împărțită în trei părți principale, și anume : partea întîi se referă la problemele generale ale condensatoarelor și ale dielectricilor, cea de-a doua parte, la condensatoarele de capacitate fixă și, în sfîrșit, cea de-a treia parte studiază condensatoarele de capacitate variabilă.

Prima parte a lucrării începe cu un scurt istoric al dezvoltării condensatoarelor și continuă cu studiul caracteristicilor dielectricilor. Este vorba despre constanta dielectrică, pierderile în dielectrici, absorbția dielectrică, curentul de scurgere și constanta de timp a condensatoarelor. La fel, se studiază rezistența izolației în curent continuu, rigiditatea dielectrică, influența frecvenței asupra dielectricilor și asupra condensatoarelor propriu-zise.

Prezentarea propriu-zisă a condensatoarelor se face în capitolul trei. Întîi se studiază condensatoarele de capacitate fixă, cu dielectricul din hîrtie impregnată în uleiuri sau materiale ceroase speciale. Apoi, condensatoarele cu hîrtie metalizată, condensatoarele cu mică, ceramică, stecloemail, peliculare, electrolitice ; cu aer, cu vid și cu gaze sub presiune. Condensatoarele de capacitate variabilă prezentate sînt de următoarele tipuri : de precizie, pentru instalații și pentru telecomunicații. Alegerea corectă a tipului de condensator pentru scopul necesar este tot aici tratată.

Metodele de măsurare ale caracteristicilor dielectrice sînt pe larg prezentate în capitolul patru. Se atribuie o importanță deosebită măsurării cu precizie a capacității și pierderilor dielectrice.

Construcțiile propriu-zise ale condensatoarelor de capacitate fixă sînt prezente în capitolele 5—12. Considerăm că aceste construcții sînt pe larg tratate, însă prezentarea tehnologiei lor este foarte succintă. În general, se prezintă condensatoarele de capacități mici, folosite în tehnica curenților slabi, în special în radiotehnică, televiziune și electronică industrială. Totuși se tratează și unele tipuri de condensatoare pentru tehnica curenților tari, ca, de exemplu, condensatoarele din hîrtie și folio de aluminiu impregnate cu uleiuri minerale sub presiune. Condensatoarele cu hîrtie metalizată care au luat o extindere mare, nu numai în regiunile de funcționare în curent continuu, dar în ultima vreme și în curent alternativ, sînt tratate pe scurt, acordîndu-li-se un spațiu de cîteva pagini. Probabil că aceste tipuri de condensatoare au fost mult mai perfecționate în Europa și mai ales în R.F.G. și în Elveția și mult mai puțin în S.U.A.

În schimb se acordă mai multă atenție condensatoarelor cu mică, cu armăturile atît din folii de aluminiu, cît și din straturi metalizate.

Condensatoarele ceramice sînt clasate din punctul de vedere al valorii permitivității relative. Astfel se prezintă cele cu permitivitate scăzută, medie și ridicată. Condensatoarele cu dielectricul din sticlă care au calități deosebite, și anume: diapazon larg de temperaturi, de la —55 la +200°C, pierderi dielectrice reduse, rezistența mare a izolației și, la fel, rigiditate dielectrică ridicată sînt prezentate în construcțiile cele mai moderne.

Capitolul nouă prezintă condensatoarele peliculare, adică condensatoarele cu dielectricul format din folii de materiale plastice. În primul rînd este vorba de condensatoarele cu polistirol, care au principalul avantaj al unei rezistențe foarte ridicate. Aceste condensatoare, de asemenea, au valoarea foarte mică a absorbției dielectrice, ceea ce creează posibilitatea înmagazinării de energie electrică și cedării ei dirijate pe măsura necesităților. Această calitate este folosită la circuitele de radiofrecvență, la fel la circuitele de integrare, și la fel în circuitele cu constantă de timp foarte ridicată. Pierderile dielectrice (tg δ) sînt foarte scăzute, respectiv 5×10^{-4} la 1 kHz. Totuși, dezavantajul acestor condensatoare constă în limita scăzută a temperaturilor de lucru, respectiv +65°C. Unele tipuri speciale de astfel de condensatoare de mică capacitate se folosesc la temperaturi pînă la +85°C. Tot în acest capitol se prezintă peliculele din acetat de celuloză, din politetrafluoretilen (teflon), polietilentereftalat (mailar).

Capitolul zece se ocupă de condensatoarele electrolitice. Aici este vorba de condensatoarele cu anozii din folii netede, cu anozii din folii metalizate și, în sfîrșit, de condensatoarele cu tantal. În capitolul unsprezece se prezintă condensatoarele cu aer, cu vid și cu gaze sub presiune, iar în capitolul doisprezece se discută condensatoarele de construcții speciale. Cauzele principale ale defectării condensatoarelor sînt tratate în capitolul treisprezece, și noile realizări în domeniul condensatoarelor de capacitate constantă sînt prezentate în capitolul patrusprezece.

Condensatoarele de capacitate variabilă sînt prezentate în capitolele 15—20.

Lucrarea este de un nivel mediu și este foarte clar expusă. Autorii reușesc — în cea mai mare măsură — să prezinte în pagini puține realizările și tendințele în industria constructoare de condensatoare din S.U.A. Cum am arătat în cele expuse, cartea acordă mai puțină atenție aspectelor tehnologice ale condensatoarelor, probabil din cauza existenței patentelor pentru fiecare tip de condensator. În schimb se prezintă pe larg prescripțiile americane și ale CEI pentru fiecare tip de condensator. Întrucît în țară nu avem prea multă literatură tehnică cu privire la realizările din domeniul condensatoarelor în S.U.A., considerăm că această lucrare este foarte folositoare pentru constructorii de condensatoare și, de asemenea, pentru inginerii și tehnicienii care lucrează în multiplele domenii tehnice care folosesc aceste elemente electrice.

A. Bercu

REFERATE

CZ 621.313 *Mașini electrice*

CZ 621.313.017.73

Stumpp, E. **Despre posibilitatea unei determinări mai precise în prealabil a timpului de încălzire la o mașină electrică** (Über die Möglichkeit einer bestimmteren Voraussage über die Erwärmungszeit einer elektrischen Maschinen). In: Elektrie, nr. 11, noiembrie 1963, pag. 378—381, 7 diagrame, 3 secțiuni, 1 tabelă.

Autorul arată că în cazul încălzirii bruște a bobinajului unei mașini electrice, curba încălzirii $\theta_1(t)$ se construia pînă acum (eronat) din constanta de timp, dedusă din curba de încălzire experimentală. În realitate, adevărata temperatură a bobinajului (mai ridicată decît ne-o dă calculul de mai sus), se compune din însumarea a doi termeni: unul corespunzător fenomenului rapid subtransient de încălzire, altul reprezentînd fenomenul transient al încălzirii lente. Se elimină apoi eroarea provenită din faptul că nu toate sursele care contribuie la un fenomen de încălzire rămîn constante în timpul acestei încălziri. Trebuie avut în vedere materialul conductor, a cărui rezistență specifică se schimbă cu temperatura după relația cunoscută.

În baza celor de mai sus se discută — la un pachet de tole ale unui stator, respectiv ale unui rotor — repartizarea și influența temperaturii.

Pe baza unei formule generale (valabile pentru stator și rotor la mașinile cu rotorul în colivie) urmează aplicații pentru diferitele cazuri de exploatare și o tabelă utilă proiectantului la calculul încălzirii bobinajului de stator în ancoșă și a celui din rotor din bare neizolate.

Gh. C.

CZ 621.313.222.07:621.375.3.001.5

Ben Uri, J., Schieber, D. și Wallach, Y. **Durch magnetischen Verstärker gespeister Reihenschlussmotor für konstante Drehzahl** (Menținerea constantă a turației motorului serie prin intermediul amplificatoarelor magnetice). In: E.u.M. vol. **81**, nr. 6, 15 martie 1964, p. 137—139, 4 fig., 4 ref. bibl.

Problema reglării turației unui motor serie implică conectarea în circuit a unor rezistențe serie și a unor rezistențe derivație, care să poată fi variate automat. Această soluție implică pierderi mari. O altă posibilitate constă în folosirea unui grup Ward-Leonard cu reacție tahometrică în circuitul de excitare a generatorului, soluție care implică un mare număr de elemente de reglaj. Articolul prezintă o modernizare a dispozitivului Conrad-Nitta (în care se folosesc la un grup W - L, mașini serie atît pentru generator, cît și pentru motor) prin schimbarea generatorului grupului W - L printr-un amplificator magnetic.

Sînt prezentate rezultatele experimentale obținute folosind un motor 9/8CP, 220 V, 3 400 rot/min, cuplat cu amplificator magnetic VDK-6 fabricat de AEG.

A.R.

CZ 621.314.2 *Transformatoare*

CZ 621.314.222.8

Ringger, W. **Spannungswandler in Hoshspannungsnetzen** (Reductoare de tensiune pentru rețele de înaltă tensiune). In: Bull. A.S.E., vol. **55**, nr. 9, 2 mai 1964, p. 442—444, 5 fig.

În prezent, atît reductorul de tensiune de tip inductiv, cît și cel de tip capacitiv se construiesc folosind o conexiune în cascadă. Astfel, pentru 750 kV se folosesc trei elemente pentru 250 kV fiecare, legate în cascadă.

Articolul prezintă diferite realizări ale fabricilor din Elveția (Micafil, Sprecher & Schuh, Brown Boveri, Haefely), în domeniul reductoarelor de tensiune pentru clasele 550—750 kV. Reductorul Brown Boveri, 750 kV, 60 Hz, 500 VA clasa 0,5 este încercat cu 1 150 kV, 1 min și la undă de șoc plină 1/50 μs $\pm$2 650 kV și undă tăiată cu $\pm$3 050 kV.

Problema alegerii între un reductor de tensiune inductiv și unul capacitiv este dificilă, deoarece în prezent ambele construcții sînt, practic, echivalente.

În afară de factorii economici, pentru reductorul de tip inductiv poate pleda precizia sa mai mare (clasa 0,2 la 300 VA), care poate fi imperios necesară pe artere importante de interconexiune pe care se contabilizează schimbul de energie.

A.R.

CZ 621.314.224.8

Erhart, L. **Stromwandler für 750 kV** (Reductoare de curent pentru 750 kV). In: Bull. A.S.E., vol. **55**, nr. 9, 2 mai 1964, p. 439—442, 9 fig. 2 ref. bibl.

Un reductor de intensitate pentru clasa 750 kV trebuie să admită o tensiune maximă de 765 kV, să aibă curenți nominali de 2 000—2 500 A și o înaltă clasă de precizie, să reziste dinamic la circa 75 kA și să nu prezinte ionizări interioare sau exterioare la o tensiune mai mică sau egală cu 1,2 U, unde U este tensiunea pe fază. Se prezintă caracteristicile constructive ale reductorului de intensitate tip TMBR 750, construit de Brown Boveri, cu izolație în două trepte și cu circuitul magnetic conectat în cascadă și a reductorului tip WIF 119, construit de Sprecher & Schuh, în care izolația este divizată pe o înfășurare primară și pe un miez cu o înfășurare secundară. Reductorul de intensitate Brown Boveri a fost încercat cu 1 200 kV, 1 min, în stare uscată și 1 050 kV sub ploaie. Tensiunea de încercare la șoc a fost de 2 700 kV la undă plină și 3 100 kV la undă tăiată. Unitatea nu prezintă nici un fel de ionizare pînă la 700 kV. Reductorul Sprecher & Schuh a rezistat în bune condiții la un curent de scurtcircuit de 130 kA și a satisfăcut condițiile de precizie referitoare la abaterea de amplitudine și de unghi pentru încărcare de 200 kVA și curent 10 I_n, conform standardului elvețian. Greutatea de transport a acestui reductor este de 5,8 t, iar poziția de transport, orizontală.

A.R.

CZ 621.314.21.027.85

Lutz, H. **Leitungstransformatoren für 500 — 750 kV** (Transformatoare de putere pentru 500—750 kV). In: Bull. A.S.E., vol. **55**, nr. 9, 2 mai 1964, p. 433—439, 12 fig., 7 ref. bibl.

La tensiuni de ordinul a 400 kV și mai mari (clasa 600—700 kV), construcția sub forma de autotransformator apare net avantajoasă. Pentru astfel de unități se au în vedere puteri unitare importante, care ating 1 500 MVA pentru unități trifazate. O unitate trifazată de 500 MVA, 750/420/22 kV la 50 Hz are dimensiunile de 12,8 × 9,8 m (dimensiuni de transport 10,7 × 3,9 × 4,9) și o greutate de transport de 260 t.

O unitate monofazată de 200 MVA, 735/315/12,5 kV — 60 Hz are dimensiunile de 9,6 × 10,4 × 6,5 m (dimensiuni de transport reduse în înălțime de la 10,4 la 4,75 m) și o greutate de transport fără ulei de 137 t. Pentru 750 kV nu sînt stabilite valorile tensiunilor de încercare la frecvență industrială și la șoc. În prezent se folosește o tensiune de 2,1—2,2 MV pentru a defini nivelul de izolare la șoc și o tensiune de încercare alternativă de 0,9—1 MV. În continuare se prezintă o serie de probleme constructive care sînt în faza de cercetare pe prototipuri la fabricile Brown Boveri și Oerlikon, în legătură cu modul de realizare a înfășurărilor, a izolației, a legăturilor, a izolatoarelor de trecere, a răcirii, a rezistenței la scurtcircuit și a reglajului tensiunii. O atenție specială se dă problemei încercărilor, transportului și montajului. Concluzia articolului lasă să se întrevadă posibilitatea fabricării de către industria elvețiană a unor mari unități de transformatoare cu tensiuni în clasa 700—800 kV.

A.R.

CZ 621.315.6 *Izolanți*

CZ 621.315.614.6

Dieterle, W. **Récentes connaissances dans l'emploi de papiers acétyles en électrotehnique** (Noutăți privind folosirea hîrtiei acetilate în electrotehnică). In: Bull A.S.E., vol. **55**, nr. 5, 7 martie 1964, p. 198—213, 25 fig., 15 ref. bibl.

Hîrtia acetilată este fabricată din anul 1955 sub denumirea comercială isocel. Influența cea mai importantă a operației de acetilare se referă la comportarea produsului acetilat față de umiditate, care se obține printr-o transformare chimică a moleculei de celuloză. În același timp se obține o reducere a constantei dielectrice și a factorului de pierderi dielectrice, în special în domeniul frecvențelor și temperaturilor ridicate.

Isocelul poate fi utilizat ca suport pentru materiale izolante stratificate și prezintă caracteristici superioare față de hîrtia specială. Plăci și tuburi confecționate din isocel pot fi utilizate ca materiale izolante în construcția transformatoarelor, prezintă o rezistență mai bună la deformație și oferă posibilitatea unei uscări mai ușoare și caracteristici electrice excelente.

Isocelul poate fi fabricat astfel încît să prezinte o rezistență foarte bună la căldură; acest lucru permite să se atingă o tensiune de ionizare mai ridicată. După ce a fost supus la o umiditate relativă de 75%, s-a constatat că isocelul a prezentat o tensiune de ionizare de patru ori mai mare decît cea a hîrtiei obișnuite. Stabilitatea chimică a hîrtiei acetilate crește cu puritatea și gradul de acetilare a fibrelor. S-a constatat că anumite metale, în special cuprul și plumbul, au o influență extrem de activă la îmbătrînirea hîrtiilor. Isocelul cu negru de fum prezintă pierderi net inferioare față de hîrtia normală cu negru de fum. Inconvenientele actuale ale isocelului sînt: preț de cost mai ridicat și caracteristici mecanice mai puțin bune, în raport cu cele ale hîrtiei de cabluri. Numeroase figuri și tabele dau caracteristicile electrice cele mai importante ale isocelului în comparație cu hîrtiile speciale.

A.R.

CZ 621.316.722 — 53.018.14

Ignatov, M. și Zozanov, I. **Regulator automat al factorului de putere** (Automatiziceskie regulator moșnostiei koefițent). In: Elektroenerghia, nr. 1, 1963, p. 5 și Promîșlennaia energhetika **18**, nr. 6, 1963, p. 34—36, 3 fig.

Autorii, pe baza unor cercetări și experimentări inedite, discută și descriu un regulator automat pentru factorul de putere dintr-o instalație reală. Se descrie modul de funcționare a acestui aparat original, arătîndu-se că acesta primește prin intermediul unei scheme cu sensibilitate la defazare — un semnal care este proporțional cu valoarea unghiului de fază a sistemului de reglaj. După amplificarea semnalului pe o singură treaptă acest semnal se utilizează pentru comandarea unui releu selector telefonic care îndeplinește funcția de conectare și deconectare a bateriilor de condensatoare.

Se expun apoi principiile de bază ale regulatoarelor automate ale energiei reactive: cu un moment cinetic proporțional cu consumul de energie și putere reactivă, cu un electromer al energiei reactive și respectiv cu un electromotor reversibil care comandă cuplarea și decuplarea bateriilor de condensatoare. De asemenea, se descrie dispozitivul propus și realizat de autori, la care comanda bateriilor de condensatoare se face printr-un dispozitiv cu impulsuri selective. Se prezintă o serie de scheme ca: schema regulatorului, schema elementelor componente, schema legăturii regulatorului cu rețeaua electrică de alimentare. Se face o descriere succintă a funcționării, indicîndu-se caracteristicile aparatului și domeniul lui de aplicare.

A.C

Materiale magnetice

CZ 621.318.24 : 621.314.2.042.14

Brailsford, F., Abu-Eid, M. H. Z. **Efectele solicitării la întindere asupra proprietăților magnetice ale tablelor din ferosiliciu cu cristale orientate.** In: Proc. Instr. electr. Engrs. **110**, nr. 4, aprilie 1963, p. 751—757.

Cercetările au arătat modificări importante ale calităților magnetice ale tablelor din ferosiliciu cu cristale orientate cînd sînt supuse solicitării la întindere, cînd în direcția laminării se produc o importantă scădere a permeabilității și o creștere a pierderilor prin histerezis, dacă magnetizarea se face pe direcția solicitării. Perpendicular pe direcția laminării au loc la început o creștere apreciabilă a permeabilității și o reducere a pierderilor prin histerezis. Dacă solicitatea depășește 80 kg /cm^2 neperpendicular pe sensul de laminare, se produc o scădere a permeabilității și creșterea pierderilor prin histerezis. Nu s-a găsit încă o explicație satisfăcătoare pentru fenomenele mai sus descrise.

C.T.

CZ 621.318.22.025

Wich, H. **Influenţa materialului în cazul magneţilor de curent alternativ** (Werkstoffeinfluss bei Wechselstrommagneten). In: Elektrie, nr. 11, noiembrie 1963, p. 371—372, 2 tab. 1 diag.

Însuşirile magneţilor de anclanşare pentru curent alternativ depind în primul rînd de material şi de prelucrare, economia trecînd pe planul al doilea din cauza numărului mare de fabricaţie. Influenţa materialului pentru magneţii releelor de protecţie este examinată în toate fazele de funcţionare (atracţia, declanşarea, încălzirea etc.).

Într-o primă tabelă sînt arătaţi curenţii de ţinere (la relee) în funcţie de inducţia şi de conţinutul în siliciu. Se arată apoi că puterea consumată la magneţii mici este aproape neinfluenţată de calitatea tolei utilizate. Încălzirea magneţilor, provenită din inversarea periodică a sensului de magnetizare este diferită în funcţie de conţinutul în siliciu şi de mărimea magneţilor. Într-o tabelă următoare, găsim apoi remanenţa, cîmpul coercitiv şi forţa de ţinere, în funcţie de conţinutul de siliciu la două mărimi de magneţi.

Prelucrarea magneţilor are un rol dezavantajos asupra însuşirilor, putîndu-se conta cu o creştere a intensităţii cîmpului coercitiv de 2—3 ori faţă de materialul brut.

Articolul se încheie cu o comparaţie a magneţilor masivi cu cei lamelaţi. Se pare că dezavantajele magnetice survenite cu ocazia fabricaţiei sîmburilor lamelaţi nu pot fi deocamdată înlăturate. În schimb au dat rezultate mulţumitoare sîmburii de magnet masivi, cînd este vorba de inducţii mai mici de 100 μ Vs/cm^2. Într-o diagramă comparativă sînt arătate rezultatele sîmburilor masivi, care, în scopul evitării curenţilor turbionari, s-au confecţionat dintr-un aliaj de FeAl.

Gh.C.

CZ 621.319.4.004

Dvoracek, F. **Experienţa de funcţionare a bateriilor de condensatoare** (Nektere provozni zkusenosti s Kondenzatory). In: Elektrotechnik **18**, nr. 9, 1963, p. 271—273, 1 fig.

După ce se arată, critic, avantajele şi dezavantajele folosirii bateriilor de condensatoare, se expun pe scurt unele consideraţii privind eficacitatea lor economică în cazul folosirii la staţii electrice de la consumator sau chiar la locul de absorbţie a energiei reactive. Apoi se descrie experienţa de funcţionare a tipurilor de condensatoare fabricate în R.S.C. pentru îmbunătăţirea factorului de putere, insistîndu-se în special asupra condiţiilor de exploatare a bateriilor de condensatoare. Se indică schema de montaj arătîndu-se elasticitatea ei privind realizarea conexiunii stea sau triunghi a condensatoarelor folosite. Autorul insistă asupra posibilităţii condensatoarelor ca generatoare de energie la consumator arătînd posibilitatea practică de exploatare a bateriilor de puteri reactive relativ sporite. Experienţa de exploatare prezintă interes — după părerea — autorului şi din punctul de vedere al conectării şi deconectării bateriilor de medie şi mare putere, întrucît dispozitivul utilizat în acest scop, atenuează substanţial supratensiunea ce se naşte la scoaterea sau punerea în funcţiune a bateriilor de condensatoare descrise de autor.

A.C

INVENŢII

CZ 621.3.012.1

Procedeu şi aparat pentru trasarea directă a diagramei vectoriale a curenţilor într-un sistem trifazat — Brevet R.P.R. 41 260.

Este cunoscut procedeul de trasare a diagramei vectoriale, folosit pentru verificarea montajului contoarelor, care se bazează pe utilizarea contorului însuşi, al cărui montaj se verifică. Acest procedeu este complicat şi poate duce la erori în calculele şi operaţiile de trasare a diagramei. Sînt, de asemenea, cunoscute procedee şi aparate care servesc la verificarea montajului contoarelor trifazate, cuprinzînd ampermetre şi voltmetre. Acestea, printr-o serie de măsuri făcute într-o succesiune, pot să indice existenţa unor eventuale greşeli de montaj, dacă nu duc la citiri concordante cu instrucţiunile aparatului. Sistemul este complicat, de o construcţie constsitoare şi de o manipulare greoaie.

Noul procedeu şi aparat realizat de Vasile Nicolae şi Gheorghe Mihalcea înlătură dezavantajele menţionate, permiţînd trasarea directă pe aparat a vectorilor care reprezintă curenţii pe cele trei faze, în raport cu vectorii de tensiune.

Cele trei sisteme wattmetrice (fig. 1) sînt identice ca construcţie, şi sînt montate rigid în acelaşi plan, la 120° între ele. Pe axul fiecărui sistem wattmetric este montat un tambur *4*, pe care se înfăşoară un fir de mătase *5*. Cele trei capete libere ale firelor de mătase sînt legate la un inel mic *6*, într-un punct egal depărtat de cele trei sisteme wattmetrice, constituind punctul de convergenţă. Cele trei sisteme wattmetrice sînt prevăzute cu arcuri antagoniste, reglate în condiţii identice, astfel încît, în stare de repaus, cele trei fire tensionează în mod egal punctul de convergenţă care rămîne în centrul de simetrie al triunghiului format de cele trei sisteme wattmetrice. Dedesubtul firelor care tensionează punctul de convergenţă se găseşte un cadran *7*, pe care sînt trasaţi trei vectori decalaţi la 120°, reprezentînd cele trei tensiuni între faze şi zero. În poziţie de repaus, cele trei fire de mătase se suprapun exact pe cei trei vectori de tensiune, şi punctul lor de convergenţă coincide cu centrul stelei vectorilor de tensiune.

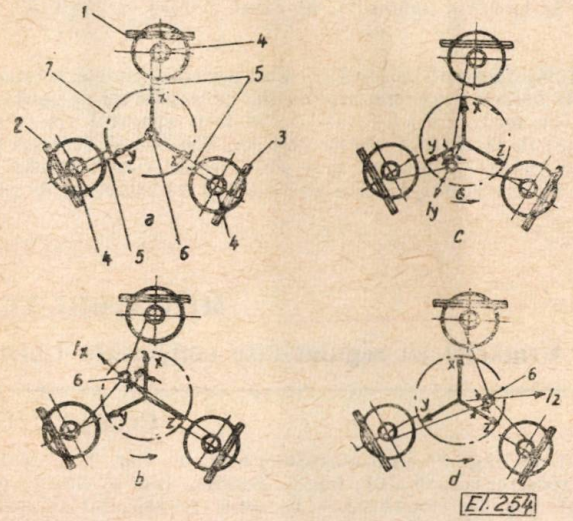


Fig. 1. Trei sisteme wattmetrice de inducţie cu disc (1, 2, 3) în poziţii de lucru diferite.

Înfăşurările de tensiune ale celor trei sisteme wattmetrice sînt legate în stea (fig. 2). Înfăşurarea de curent a fiecărui sistem wattmetric este formată din cîte două secţiuni (fig. 3) care, cu ajutorul comutatorului *8*, pot fi conectate în serie sau paralel, dînd astfel posibilitatea de a schimba sensibilitatea aparatului după nevoie (2,5 A sau 5 A).

Pentru conectarea la locul de verificare, aparatul este prevăzut cu unsprezece borne, şi anume : trei borne de tensiune x,y,z, şase borne de curent (una de intrare şi una de ieşire pentru fiecare fază), o bornă E pentru verificarea tensiunii, o bornă pentru punerea la pămînt a cutiei aparatului.

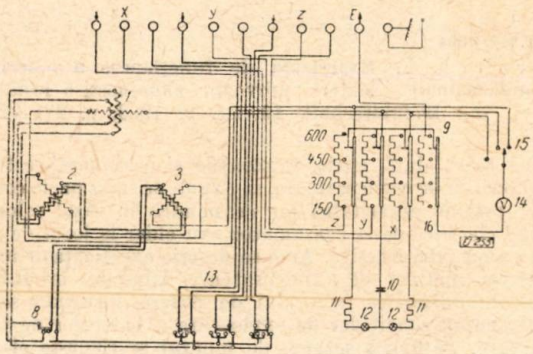


Fig. 2. Schema electrică a aparatului.

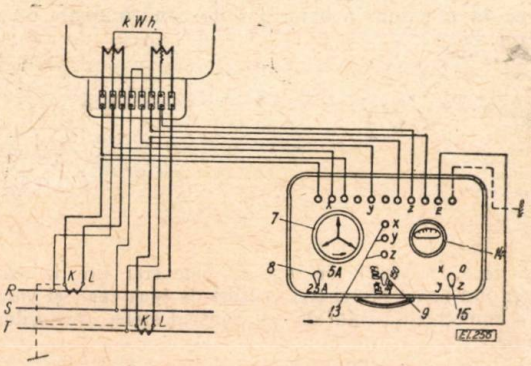


Fig. 3. Schema electrică de conectare a aparatului în circuitul contorului al cărui montaj se verifică.

Înfăşurările de tensiune ale wattmetrelor primesc tensiune de la bornele x,y,z, prin intermediul unui reductor de tensiune *16*, cu rezistenţe adiţionale, astfel încît aparatul are patru trepte de tensiune, şi anume 150, 300, 450, 600 V. Trecerea de la o treaptă la alta se face cu ajutorul comutatorului *9*. De la reductorul *16* este alimentat şi un indicator de succesiune a fazelor, format din condensatorul *10*, rezistenţele *11* şi becurile *12*. Cele două becuri sînt dispuse sub cadranul aparatului, astfel încît luminează fiecare cîte un orificiu în formă de săgeată, care indică ordinea fazelor atunci cînd becul respectiv este aprins. Înfăşurările de curent ale sistemelor wattmetrice sînt conectate, cu ajutorul comutatorului *13*, la unul dintre circuitele de curent ale transformatoarelor de măsură. Astfel, acelaşi curent trece prin toate trei sistemele wattmetrice, în timp ce celelalte circuite de curent sînt scurtcircuitate de acelaşi comutator. Aparatul mai cuprinde un voltmetru *14*, de curent alternativ, a cărui sensibilitate poate fi schimbată cu ajutorul comutatorului *9*. Una dintre bornele voltmetrului este conectată la borna E, iar celalaltă, la comutatorul *15*, prin intermediul rezistenţei suplimentare a reductorului *16*, folosind comutatorul *9*, ceea ce dă posibilitatea de a măsura tensiunea între oricare dintre bornele de tensiune ale schemei de conexiuni a contorului de verificat.

Folosind un conductor bine izolat, legat la borna E cu ajutorul comutatorului *15* şi al voltmetrului *14*, se verifică corespondenţa legăturilor de tensiune dintre bare şi bornele contorului, cum şi simetria tensiunilor trifazate în cazul transformatoarelor de tensiune. Se trece apoi la trasarea diagramei, care se face în felul următor :

Se apasă pe butonul x al comutatorului *13*, trecînd astfel curentul fazei x prin cele trei bobine ale sistemelor wattmetrice, în timp ce circuitele celorlalţi doi curenţi sînt scurtcircuitate. În această situaţie, fiecare dintre cele trei sisteme wattmetrice va dezvolta cîte un cuplu proporţional cu mărimea curentului I şi a cosinusului unghiului de defazaj dintre el şi cele trei tensiuni de fază. Presupunînd curentul I decalat cu unghiul φ faţă de tensiunea 0 (fig. 1 b,), sistemul wattmetric *1* va dezvolta un cuplu care diferă de cel al sistemului wattmetric *2* şi al sistemului wattmetric *3*, datorită unghiurilor de defazaj diferite. Cele trei cupluri se aplică punctului de convergenţă *6*, prin firele de mătase *5*, rezultanta lor deplasînd acest punct pe direcţia *I*.

După notarea poziţiei corespunzătoare a curentului I şi a unghiului de defazaj de tensiunea 0, se procedează în mod similar pentru curenţii I şi I', apăsînd succesiv pe butoanele y şi z ale comutatorului *13*. În timpul cît aparatul stă conectat la bornele contorului, pe cadranul *7* se aprinde becul corespunzător al indicatorului de succesiune a fazelor. Avînd astfel toate elementele diagramei vectoriale a contorului în montajul de verificat, se poate stabili corecţia de înregistrare şi se pot înlătura erorile.

Cadranul aparatului poate fi divizat în grade sau direct în valori ale factorului de putere pe fază.

Avantajele pe care le prezintă invenţia sînt : obţinerea directă şi rapidă a diagramei vectoriale, mărirea securităţii muncii executantului, posibilitatea de măsurare pe fază a factorului de putere cu suficientă aproximaţie şi fără nici un calcul prealabil.

MUNCITORI, TEHNICIENI ŞI INGINERI!

Urmăriţi cu regularitate emisiunile Universităţii tehnice, transmise la radio şi televiziune.

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU ; prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, membru coresp. al Acad. R. P. R. ; acad. dr. ing. A. AVRAMESCU — redactor responsabil ; ing. V. BUNEA ; ing. V. CIOFU ; prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU ; ing. AL. GRECEANU ; ing. ŞT. GROSU ; conf. ing. G. HORTOPAN — redactor responsabil adjunct ; conf. ing. G. LAZARIDE ; ing. A. POPA ; prof. ing. CRISTINA POPESCU ; ing. VL. POPOVICI ; acad. prof. dr. ing. R. RĂDULET ; ing. ST. ŢIGANETEA ; ing. R. VLĂDOIANU.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Ministerului Industriei Construcţiilor de Maşini şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. — Redacţia şi administraţia, Bucureşti, str. Ion Ghica nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu. Telefon : 13.84.16. Revista este editată de M.I.C.M. Abonamentele se primesc la Administraţia revistei. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament : Publicaţiile tehnice M.I.C.M. — cont 026002 B.R.P.R. — Filiala 30 Decembrie, Bucureşti. Tarif pentru întreprinderi : lei 100 anual ; tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri ; lei 30 anual. Costul unui exemplar lei 5. Tiparul : Întreprinderea „Informaţia", str. Brezoianu nr. 23—25, Bucureşti, c. 2537

41 400

MŰSZAKI KÖNYVTÁR 863

SOMMAIRE

CD 621.314.212.014.32

Cîrstea, D. : **La détermination expérimentale des forces axiales dans les transformateurs de puissance.**

Electrotehnica 12, no. 7, juillet 1964, p. 241–249

Après une analyse critique des méthodes expérimentales proposées à cette fin, l'auteur présente la méthode dont il s'est servi et l'expérience qu'il a acquise sur la répartition de la composante radiale de l'induction magnétique, ou bien des efforts axiaux, pour les différents types de transformateurs de puissance.

CD 621.315.33.045.12 :621.315.612.7.002.2

Giurcanu, C. : **Contributions à l'étude du processus d'émaillage des fils métalliques par traitement thermique (polymérisation).**

Electrotehnica 12, no. 7, juillet 1964, p. 250–258

On examine le processus d'émaillage des conducteurs de bobinage par rapport à la transmission de la chaleur nécessaire à la polymérisation de la pellicule d'émail. On décrit la méthode d'émaillage des conducteurs quand le premier passage subit un traitement thermique ayant une température plus élevée ou une durée plus longue que celles du dernier passage, et quand les passages intermédiaires sont soumis aux températures ou aux durées intermédiaires.

On conclut que, théoriquement, cette méthode assure de grandes vitesses pour l'émaillage et des produits de bonne qualité, surtout pour les gros conducteurs.

CD 621.318.35 :621.316.540.001 24

Engher, E. et *Tomoiagă, R.* : **Étude sur les paramètres de calcul des électro-aimants actionnant les contacteurs de courant alternatif.**

Electrotehnica 12, no. 7, juillet 1964, p. 259–265

On expose les expériences qui ont permis d'établir les paramètres de calcul qui tiennent compte non seulement du régime statique, mais encore des phénomènes qui ont lieu durant le processus dynamique. La première partie de l'article, présentée dans ce numéro de la revue, traite de la remanence magnétique et des moyens d'éviter ses effets négatifs.

CD 621.318.22 :669.14.018.583

Bălănoiu, M. et *Șontea, S.* : **Méthodes métallographiques appliquées au contrôle de la qualité des tôles siliceuses.**

Electrotehnica 12, no. 7, juillet 1964, p. 265–267

On examine plusieurs méthodes métallographiques appliquées par les auteurs dans le but d'étudier les inclusions non-métalliques, la microstructure et la grandeur des grains des tôles siliceuses.

DISCUSSIONS 268–271

COMPTES RENDUS 271–273

EXTRAITS 273–275

INVENTIONS 275–276

TITLURI DOCUMENTARE

CZ 621.3

ELECTROTEHNICĂ GENERALĂ

CZ 621.3.014.064.1 :621.313.33.031.1

Dabbous, A. A. : **Evaluarea curentului de scurtcircuit în mașinile asincrone cu ancoșa neînclinată, ținînd seamă de saturația în fier.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ-A) **85**, nr. 3, 7 febr 1964, p. 76—79, 2 fig, 1 tab, 9 ref. bibl.

CZ 621.3.015.53.012 :621.315.2 :621.315.616.9

Petry, H. : **Alura în timp și spectrul frecvenței de descărcare parțială în conductoarele cablurilor izolate termoplastic.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ-A) **85**, nr. 4, 21 febr 1964, p. 102—106, 10 fig., 7 ref. bibl.

CZ 621.3.066.6'.669.225'.3.018.5

Stalarz, S. și *Misialek, Z.* : **Cercetări asupra fabricării contactelor electrice din aliaje argint-cupru.** In : Wiad. Hutn. **19**, nr. 9, sept 1963, p. 243—246, 8 fig., 2 ref. bibl.

CZ 621.3.072.64

Aschmoneit, K. E. : **Tuburile relee permit simplificarea circuitelor.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ-B) **16**, nr. 1, 3 ian 1964, p. 5—7, 3 fig.

CZ 621.313

MAȘINI ELECTRICE DE CURENT CONTINUU ȘI ALTERNATIV. GENERATOARE. MOTOARE

CZ 621.313.002.2 :621.38

Angermann, K. : **Încercări electronice în construcția de mașini electrotehnice.** In : Elektrie **18**, nr. 4, aprilie 1964, p. 25—27, 6 fig.

CZ 621.313.017.73

Stumpp, E. : **Posibilitatea unei predeterminări mai precise a duratei de încălzire a unei mașini electrice.** In : Elektrie **17**, nr. 11, nov 1963, p. 378—381, 10 fig., 1 tab., 23 ref. bibl.

CZ 621.313.33.012.5.621.3.1013.1

Dabbous, A. A. : **Examinarea amănunțită a influenței de saturație la curba caracteristică a scurtcircuitului.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ-A) **85**, nr. 4, 21 febr 1964, p. 115—119, 6 fig. 8 ref. bibl.

CZ 621.313.333 (09)

Hellweg, F. : **Progrese în construirea motoarelor trifazate.** In : Ind. Anz. **85**, nr. 76, sept 1963, p. 1716—1717, 7 fig.

CZ 621.313.333.2.001.24 :681.142 – 523.8

Samsinger, E. : **Experiența dobîndită la calcularea mașinilor asincrone cu calculatoare numerice.** In : E. u. M. **80**, nr. 19/20, oct 1963, p. 447—452, 3 fig., 9 ref. bibl.

CZ 621.314

TRANSFORMAREA ENERGIEI ELECTRICE. TRANSFORMATOARE. CONVERTIZOARE. REDRESOARE

CZ 621.314.235.6

Heise, W. : **Transformatorul TESLA.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ-A) **85**, nr. 1, 10 ian 1964, p. 1—8, 2 tab., 8 ref. bibl.

CONTENTS

DC 621.314.212.014.32

Cîrstea, D. : **The experimental determination of axial forces in power transformers.**

Electrotehnica 12, nr. 7, july 1964, p. 241–249

A critical analysis of the experimental methods suggested for that purpose is followed by a presentation of the methodology used and experience gained by the author in studying the distribution of the radial component of magnetic induction, respectively the axial stresses on different types of power transformers.

DC 621.315.33.045.12 : 621.315.612.7.002.2

Giurcanu, C. : **Contributions to the thermic treatment process (polymerization) of wire enamelling.**

Electrotehnica 12, nr. 7, july 1964, p. 250–258

The enamelling process of winding conductors is examined from the viewpoint of heat transmission for the polymerization of the enamel film. One describes the enamelling method of the conductors in which the first pass is subjected to a thermic treatment at a higher temperature or to a longer thermic treatment as compared to the last pass whereas the intermediary passes are subjected to intermediary temperatures and durations.

It is concluded that this enamelling method theoretically ensures high enamelling speeds and high-quality products, especially in the case of thick conductors.

DC 621.318.35 :621.316.540.001.24

Engher, E. and *Tomoiagă, R.* : **Concerning the designing parameters of the electromagnets driving alternating current contactors.**

Electrotehnica 12, nr. 7, july 1964, p. 259–265

One presents the experiments which led to the establishment of some designing parameters taking into account not only the static regime but also the phenomena occurring in the dynamic process. The first part of the work presented in this issue deals with magnetic remanence and the ways of removing her negative effects.

DC 621.318.22 :669.14.018.583

Băltănoiu, M. and *Șontea, S.* : **Metallographic methods applied to the quality control of silicon iron sheet.**

Electrotehnica 12, nr. 7, july 1964, p. 265–267

The description is given of some metallographic methods used by the authors to investigate the non-metallic inclusions, microstructure and grain size in silicon iron sheet.

DISCUSSIONS 268–271

REVIEWS 271–273

ABSTRACTS 273–275

PATENTS 275–276

CZ 621.314.5

Thuriot, M. : **Redresoare cu siliciu.** În : L'electr. électronique moderne **33**, nr. 169, nov 1963, p. 72—77, 8 fig.

CZ 621.314.63 :621.316.91

Butler, F. : **Protecţia împotriva supraîncărcării surselor de alimentare stabilizate cu tranzistoare.** In : Wireless Wld. **69** nr. 8, august 1963, p. 409—412, 5 fig. 3 ref. bibl.

CZ 621.314.534 :621.317.333.6

Hempel, H. P. : **Asupra rezistenţei la perforare a redresoarelor cu seleniu.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ-A) **85**, nr. 3, 7 febr 1964, p. 71—76, 11 fig., 2 ref. bibl.

CZ 621.316

DISTRIBUŢIA ENERGIEI ELECTRICE. REŢELE DE DISTRIBUŢIE. TABLOURI DE DISTRIBUŢIE. REGLAREA MĂRIMILOR ELECTRICE. PROTECŢIA APARATELOR.

CZ 621.316.5.027.2.621.315.61

Schmitz, H. : **Materiale izolante solide folosite în construcţia aparatajului de comutaţie de joasă tensiune.** In : Elektro-Anz. **16**, nr. 28, 2 oct 1963, p. 409—414, 7 ref., 7 tab., 7 ref. bibl.

CZ 621.316.542.001.4

Akadis, M. M. şi *Maslennikov, D. S.* : **Despre mărirea puterii instalaţiilor pentru încercarea întreruptoarelor după scheme sintetice.** In : Elektrotechnika **34**, nr. 10, oct 1963, p. 33—37, 5 fig., 2 tab., 4 ref. bibl.

CZ 621.317

TEHNICA MĂSURILOR ELECTRICE. APARATE DE MĂSURĂ. TARIFARE

CZ 621.317.2

Marko, S. : **Laboratoare de control pentru verificarea aparatelor electrice de măsurat şi a aparatelor electronice.** In : Elektrotechnik **18**, nr. 8, august 1963, p. 223—226, 6 fig., 1 tab., 6 ref. bibl.

CZ 621.317.334/335 : 621.319.4

Guliaev, M. A. : **Măsurarea inductanţelor şi a capacităţilor efective la condensatoarele de măsurat cu aer.** In : Izmerit. tehnika, nr. 9, sept 1963, p. 32—35, 3 fig., 1 tab., 5 ref. bibl.

CZ 621.317.374

Jones, F. : **O metodă precisă pentru măsurarea pierderilor în dielectric.** In : Electron. Engng. **35**, nr. 429, nov 1963, p. 733—736, 5 fig., 2 ref. bibl.

CZ 621.317.384.023

Bottenberg, H. : **Măsurarea puterii active în înaltă frecvenţă.** In : ATM nr. 333, oct 1963, p. 221— 24, 7 fig., 16 ref. bibl.

CZ 621.317.39.536.5.621.382

Rotbert, I. L. şi *Udalov, M. P.* : **Traductoare de temperatură realizate cu diode semiconductoare şi cu tranzistoare.** In : Priborostroenie, nr. 10, oct 1963, p. 1—3, 4 fig., 5 ref. bibl.

CZ 621.317.7.016.1.621.382

OH, A. : **Aparat electronic pentru măsurarea cuplului.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ-A) **85**, nr. 4, 21 febr 1964, p. 112—115, 5 fig.

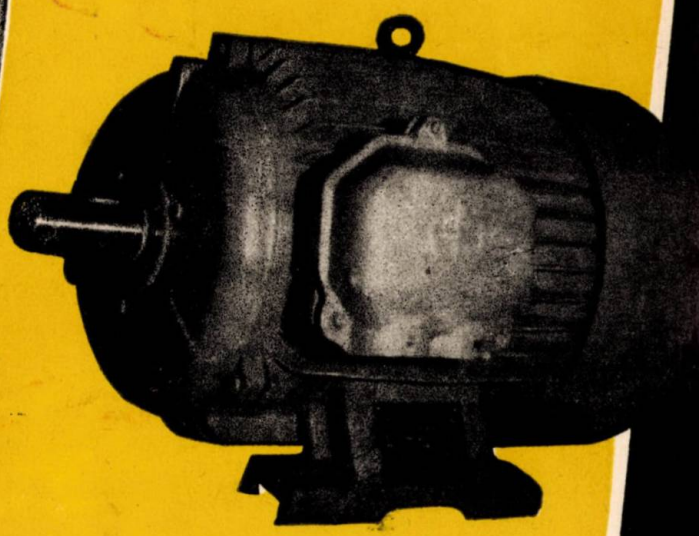
CZ 621.317.7.087.42

Meister, K. : **Sisteme de înaltă frecvenţă pentru branşamentul indicatorului la aparatele de măsură înregistratoare cu contacte.** In : Elektrotechn. Z. (ETZ-B) **16**, nr. 4, 14 febr 1964, p. 85—89, 6 fig., 8 ref. bibl.

CZ 621.317.7.089.6

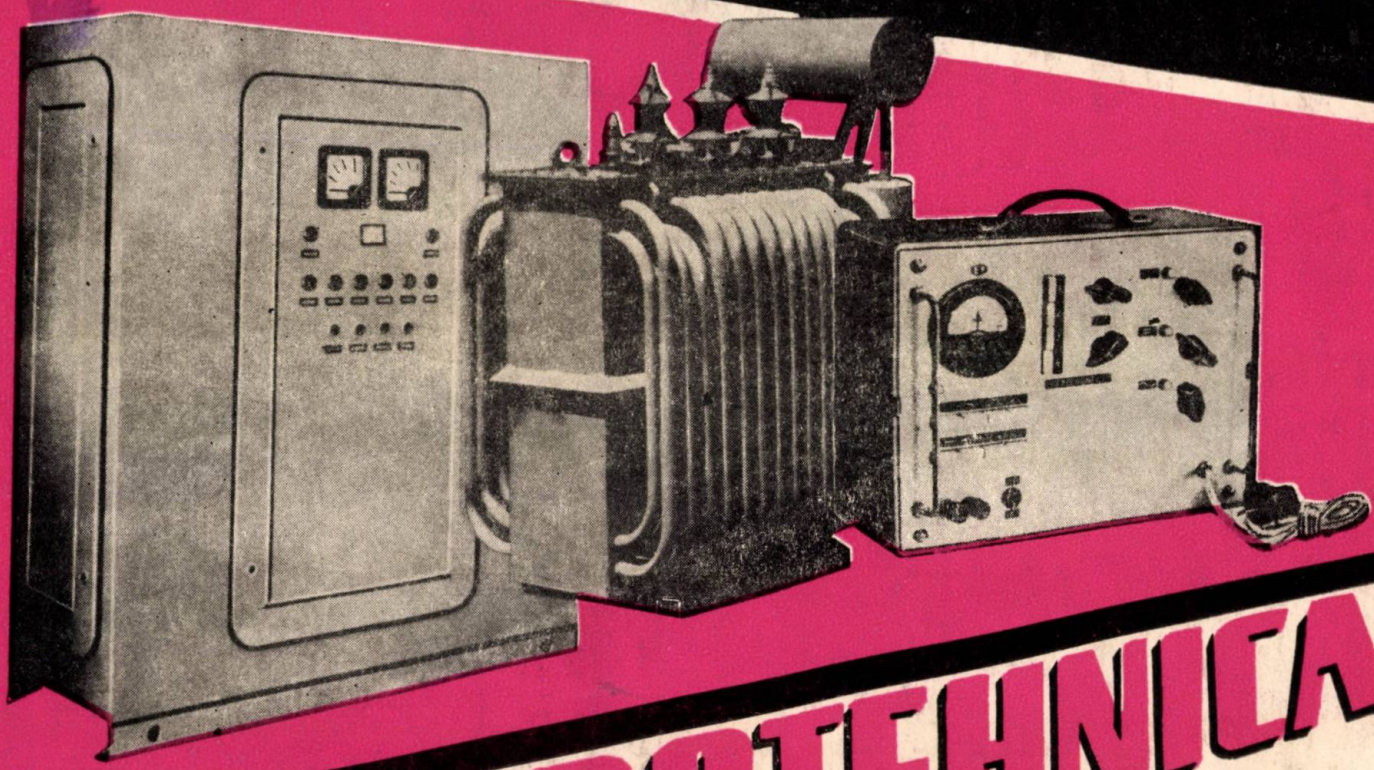
Sutton, F. J. : **Calibrarea aparatelor de curent alternativ.** In : Wireless Wld. **69**, nr. 8, august 1963, p. 395—396.

Intreprinderea ELECTROMOTOR TIMIȘOARA



Execută

- **motoare electrice asincrone trifazate, cu rotorul în scurtcircuit, protecție IP 44, de 4—30 kW**
- **aspiratoare de praf tip „Record"**
- **uscătoare de păr tip „Zefir"**
- **ventilatoare de masă**



ELECTROTEHNICA

Aparat Pantostat

$U = 110 - 220$ V; $P = 50$ W; $f = 2 - 180$ Hz.

Tablou de comandă pentru concasoare giratorice tip TCCG — exterior

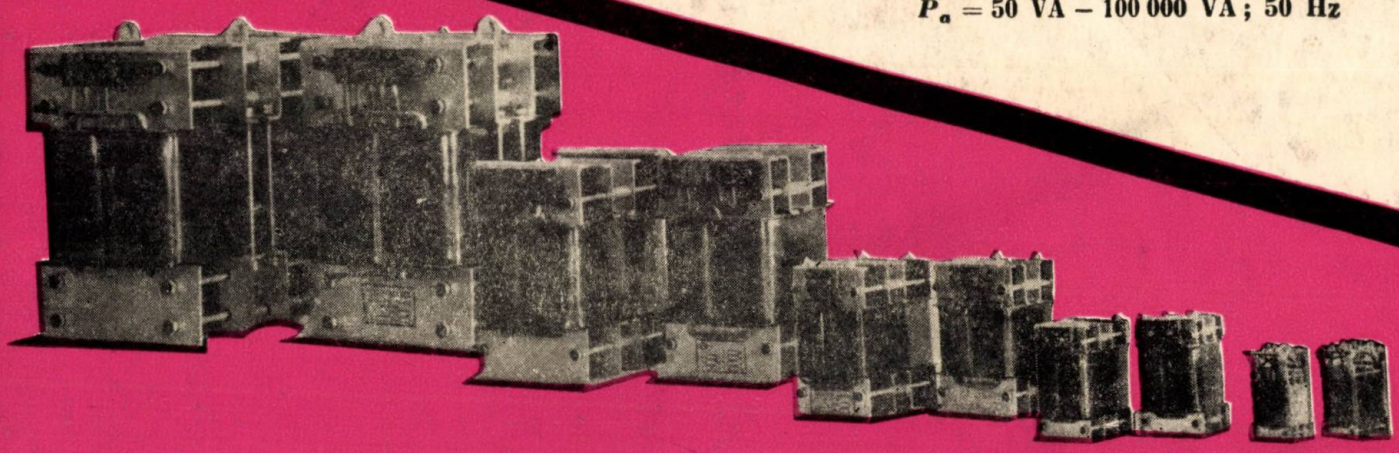
$U = 500/380/220$ V; $P = 62$ kW.

Transformator trifazat de putere destinat exportului

200 kVA; 10 000/400/231 V
$Y_{so} - 0$; $U_k = 4\%$; reglaj $\pm 5\%$, în ulei
$P_o = 1\,075$ W; $P_k = 4\,800$ W;

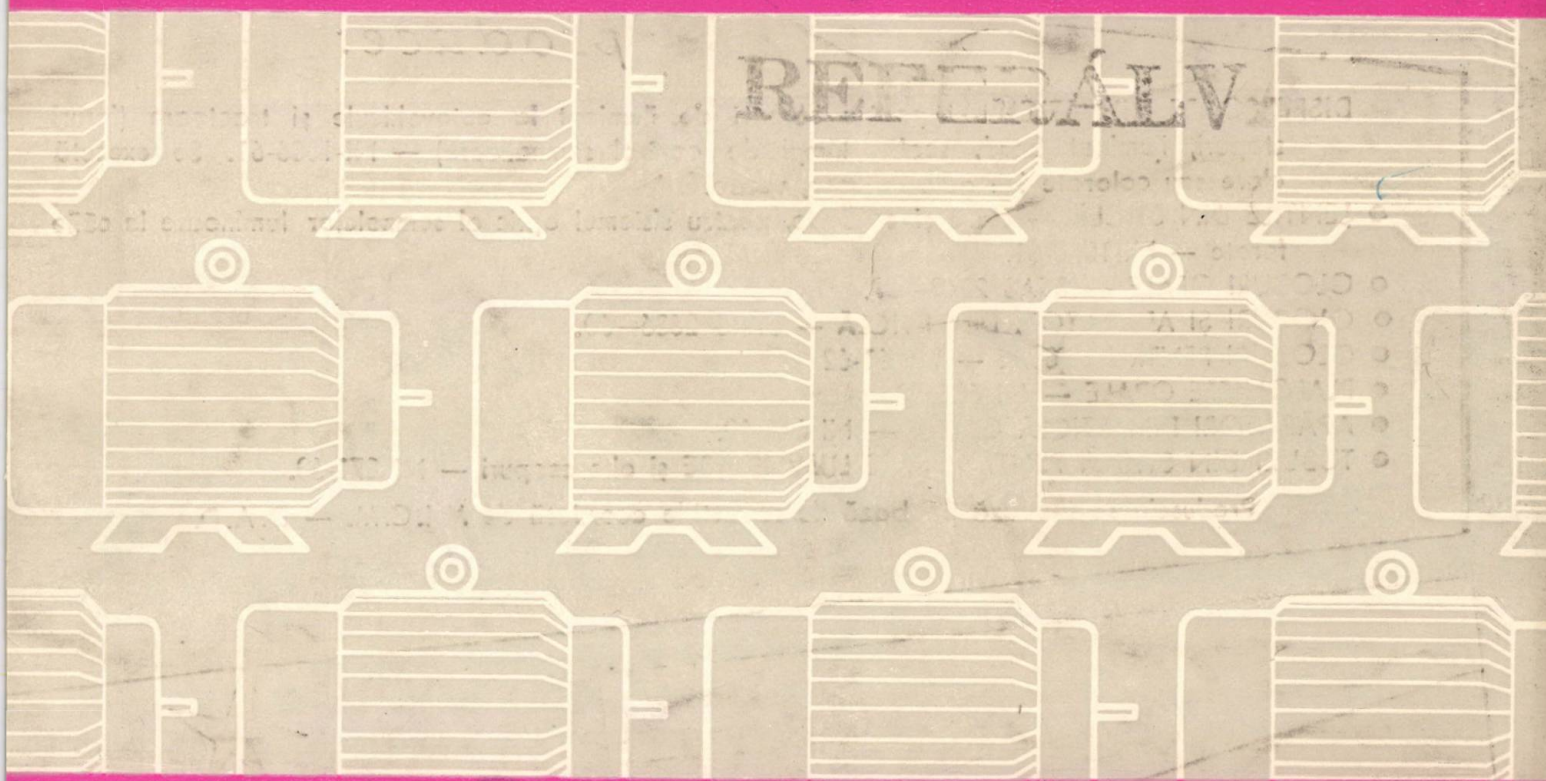
Seria unitară de amplificatoare magnetice

$P_a = 50$ VA $- 100\,000$ VA; 50 Hz



E 2040

ELECTROTEHNICA



Electrotehnica • București • Anul 12 • nr. 8 • P. 281 — 316 • august 1964

8

I.I.S. Steaua Electrică FIENI

produce:

DISPERSOARE DIN STICLĂ — pentru corpuri de iluminat la autovehicule și tractoare (faruri stopuri, iluminat bord, scală, lămpi de control semnalizare) — NI-1056-61. Se execută clare sau colorate în : galben, roșu, verde.

- LENTILE DIN STICLĂ — clare și colorate, pentru sistemul optic al semnalelor luminoase la căile ferate — NI-1063-61.
- GLOBURI OPALE — STAS 2249—59.
- GLOBURI ȘI APĂRATORI DIN STICLĂ — STAS 2636—60.
- GLOBURI PENTRU LUSTRE — NI 61-62
- PLAFONIERE OPALE — NI 685-58.
- APĂRĂTORI DIN STICLĂ CLARĂ — NI 868-60.
- TUBURI DIN STICLĂ PENTRU FIRME LUMINOASE și alte scopuri — NI 871-60.

Produsele se livrează pe bază de repartiție acordată de M.I.C.M. — D.A.D.

E 2040

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁRES ... 1883

ELECTROTEHNICA

Anul 12 nr. 8 august 1964

CUPRINS

CZ 621.312.001.2 (498)

Dezvoltarea industriei electrotehnice în R.P.R.

Electrotehnica *12*, nr. 8, august 1964, p. 281 — 282

CZ 621.313.323.002.2 (498)

Cristea, N. : **Corelarea parametrilor şi construcţiei motoarelor cu a generatoarelor în cadrul seriei unitare de maşini sincrone cu puteri de 200—1 000 kVA.**

Electrotehnica *12*, nr. 8, august 1964, p. 283 — 286

Se prezintă cîteva probleme legate de realizarea unei serii de motoare şi generatoare sincrone într-o serie constructivă unică.

CZ 621.313.042

Bunea, V. şi *Flueraşu, S.* : **Bobinajul în Z — un nou tip de bobinaj pentru maşini electrice.**

Electrotehnica *12*, nr. 8, august 1964, p. 286 — 289

Se prezintă un nou tip de bobinaj pentru maşinile electrice caracterizat prin aceea că una din laturile bobinei este în formă de Z. Capul de bobină este în evolventă însă cu bucla de întoarcere situată în poziţie extremă laterală.

CZ 621.313.3 — 573 : 621.317.643

Drăgănescu, O., Galbenu, G., Stamate, S. şi *Cîmpeanu, A.* : **Cercetări experimentale asupra caracteristicii de pornire a maşinilor electrice rotative sincrone şi asincrone.**

Electrotehnica *12*, nr. 8, august 1964, p. 289 — 294

Se examinează caracteristicile M = f (s) la maşini sincrone şi asincrone. La maşinile sincrone se examinează dependenţa cuplului în timpul pornirii în funcţie de tensiune şi de rezistenţa la care este conectată înfăşurarea de excitaţie. La maşinile asincrone se examinează caracteristica M = f (s) în funcţie de tipul de crestătură şi de înclinarea ei.

CZ 621.315.43.002.3

Lică, V. : **Realizări şi perspective în fabricaţia conductoarelor de bobinaj izolate cu emailuri sintetice.**

Electrotehnica 12, nr. 8, august 1964, p. 294 — 304

Autorul prezintă realizările obţinute în fabricaţia de conductoare emailate. Se indică tipurile de conductoare emailate realizate, tehnologiile aplicate, preocupările privind modernizarea tehnologiilor de fabricaţie, proprietăţile conductoarelor emailate, cum şi perspectivele de dezvoltare a acestei fabricaţii.

DIN ACTIVITATEA DE CERCETARE

CZ 621.316.722.1 — 523.2.076.1 : 621.322 — 82

Finţescu, D. : **Regulatoare automate de tensiune şi putere reactivă pentru hidrogeneratoare.**

Electrotehnica *12*, nr. 8, august 1964, p. 305

CZ 621.317.384.017.7 : 538.632

Fränkel, D. şi *Sabata, I.* : **Măsurarea pierderilor prin efect Joule-Lenz în reţele trifazate cu generator Hall.**

Electrotehnica *12*, nr. 8, august 1964, p. 306 — 307

RECENZII 307—308

REFERATE 308—309

CRONICA 309—315

SCURTE ŞTIRI 315

RECOMANDĂRI PENTRU AUTORI

1. Lucrările care pot fi prezentate spre publicare sînt: de importanță generală, tehnico-științifice speciale, teoretice sau experimentale și tehnice obișnuite.

2. Lucrările vor fi axate pe aducerea la îndeplinire a sarcinilor trasate de Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. — îndeosebi introducerea tehnicii noi, ridicarea calității produselor, reducerea prețului de cost, creșterea productivității muncii etc. Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învățămînt, producție este condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuție să se refere la probleme noi și actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde considerații privind eficiența economică a soluțiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.

3. Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

4. Lucrările care au mai fost publicate integral sau parțial, nu pot fi trimise redacției spre publicare.

5. Un scurt rezumat fixînd premisele de la care s-a pornit problema studiată și cadrul în care este tratată, nedepășind 4—5 rînduri, va fi anexat lucrării.

6. În introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei și în preocupările producției; de asemenea, se arată scopul lucrării, subliniindu-se contribuția autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permițînd înțelegerea fără dificultăți a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstrații voluminoase; de asemenea, se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată, sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.

7. Concluziile vor concentra rezultatele obținute cu indicarea limitei de valabilitate și aplicațiile posibile.

8. Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmațiile luate din alte lucrări și care nu sînt, în general, cunoscute.

9. Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului.

10. Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele rusești, romane, grecești, germane etc.

11. Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cum și figuri sau tabele), atît cele speciale, cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți: numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus în paranteză), ediția, editorul, locul editurii, anul. Pentru articole: numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus în paranteză), revista, volumul, luna și numărul, anul, paginile.

12. Scrisul la mașină al articolelor este recomandat cu insistență, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic.

Se scrie pe o singură pagină față, la două rînduri (2 000 semne de pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.

13. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.

14. Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se vor indica: titluri, funcții, localitatea și adresa domiciliului, număr de telefon.

15. Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora pentru publicare.

16. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări în corectură față de manuscris.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.312.001.2 (498)

Развитие электротехнической промышленности в РНР в годы народной власти.

Electronica 33, nr. 8, август 2964, стр. 281 — 282

ДК 621.313.323.002.2 (498)

Кристя Н.: **Коррелирование параметров и конструкции двигателей и генераторов в рамках единой серии синхронных машин мощностью 200—1000 ква.**

Electronica 33, nr. 8, август 1964, стр. 283 — 286

Рассматривается ряд вопросов, связанных с разработкой ряда синхронных двигателей и генераторов в виде единой серии.

ДК 621.313.042

Буня, В. и *Флуераш, С.:* **Обмотка в виде буквы Z—новый тип обмотки для электрических машин.**

Electronica 12, nr. 8, август 1964, стр. 286 — 289

Описывается новый тип обмотки для электрических машин, отличающийся тем, что одна из сторон катушки сделана в виде буквы Z. Конец катушки имеет эвольвентную форму, причем возвратная петля находится в крайнем боковом положении.

ДК 621.313.3—573 : 621.317.643

Дрэгэнеску, К., Кымпяну, А., Галбену, Г. и *Стамате С.:* **Экспериментальное изучение характеристики пуска электрических вращательных синхронных и асинхронных машин.**

Electronica 12, nr. 8, август 2964, стр, 289 — 294

Рассматриваются характеристики $M = f(s)$ синхронных и асинхронных машин. В отношении синхронных машин рассматривается зависимость связи во время пуска от напряжения и сопротивления, к которому подключена обмотка возбуждения. Вместе с тем на асинхронных машинах исследуется характеристика $M = f(s)$ в зависимости от типа паза и его уклона.

ДК 621.315.43 002.3

Ликэ, В: **Достижения и перспективы в области производства обмоточных проводников, изолированных синтетическими эмалями.**

Electronica 12, nr. 8, август 2964, стр. 294 — 304

В статье рассматриваются достижения в области производства эмалированных проводников, приводятся типы выпускаемых эмалированных проводников, применяемая технология, причем рассматриваются вопросы модернизирования производственной технологии, характеристики эмалированных проводников, а также перспективы развития их производства.

Исследовательская деятельность

ДК 621.316.722.1—623.2.076.1 : 621.322—82

Финцеску Д: **Автоматические регуляторы напряжения и реактивной мощности для гидрогенераторов.**

Electronica 12, nr. 9, август 2964, стр. 305

ДК 631.317.384.017.7 : 538.632

Френкель, Д. и *Сабата, И:* **Измерение потерь с помощью эффекта Жюль-Ленца в трехфазных сетях с генератором Хелла.**

Electronica 12, nr. 8, август 2964, стр. 306 — 307

РЕЦЕНЗИИ 307—308
РЕФЕРАТЫ 308—309
ХРОНИКА 309—315
КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ 315

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.312.001.2 (498)

Dei Entwicklung der elektrotechnischen Industrie während der Volksmacht.

Electrotehnica 12, H. 8, August 1964, S. 281—282

DK 621.313.323.002.2 (498)

Cristea, N.: **Die Parameter- und Konstruktions-Anpassung der Motoren und Generatoren, in dem Bereich der einheitlichen Reihe der Synchronmaschinengruppe für 200—1 000 kVA.**

Electrotehnica *12*, H. 8, August 1964, S. 283—286

Es werden einige Probleme in Verbindung mit der Schaffung einer Reihe von Synchronmotoren und Synchrongeneratoren in einer einheitlichen Ausführung, vorgelegt.

DK 621.313.042

Bunea, V. und *Flueraşu, S.*: **Die Z-Wicklung eine neue Wicklungstype für elektrische Maschinen.**

Electrotehnica *12*, H. 8, August 1964, S. 286—289

Es wird eine neue Wicklungsart für elektrische Maschinen vorgelegt, dadurch gekennzeichnet dass eine der Spulenseiten in Form von Z ausgebildet ist. Der Spulenkopf ist in Evolventenform, aber mit der Umkehrschleife in waagerechter Grenzlage.

DK 621.313.3. — 573 : 621 : 317.643

Drăgănescu, O., Cîmpeanu, A., Galbenu, A. und *Stamate, S.*: **Praktische Untersuchungen bezüglich der Anlaufcharakteristik der Synchron- und Asynchronmaschinen.**

Electrotehnica *12*, H. 8, August 1964, S. 289—294

Es wird die Charakteristik M = f (s) der Synchron- und Asynchronmaschine untersucht. Für die Synchronmaschinen wird die Abhängigkeit des Drehmomentes während des Anlaufes als Funktion der Spannung und des im Erregerkreis eingeschalteten Widerstandes untersucht. Für die Asynchronmaschinen wird die Charakteristik M = f (s) als Funktion der Nutenform und deren Schräglage, untersucht.

DK 621.315.43.002.3

Lică, V.: **Ausführungen und Aussichten in der Herstellung der mit dem syntetischen Email isolierten Wicklungsdrähte.**

Electrotehnica *12*, H. 8, August 1964, S. 294—304

Der Verfasser legt die in der Herstellung von Emaildrähten erreichten Ergebnisse vor. Es werden die mit Emailisolation hergestellten Drahttypen, die verwendeten Herstellungsverfahren, die in Aussicht gestellten Modernisierung derselben, die Eigenschaften der emailierten Drähte, sowie die Entwickungsaussichten dieser Fabrikation, angegeben.

AUS DER UNTERSCUHUNGSTÄTIGKEIT.

DK 621.316.722.1 — 523.2.076.1 : 621.322 — 82

Finţescu, D.: **Die Selbsttätigen Spannungs- und Blindlestungsegler für Wasserkraftgeneratoren.**

Electrotehnica *12*, H. 8, August 1964, S. 305

DK 621.317.384.017.7 : 538.632

Fränkel, D. und *Sabata, I.*: **Die Joule-Lenz-sche Verlust messung in den elektrischen Netzen, durch den Hallgenerator.**

Electrotehnica *12*, H. 8, August 1964, S. 306—307

REZENSIONEN 307 – 308

BERICHTE 308 – 309

CHRONIK 309 – 315

KURZE NACHRICHTEN 315

MŰSZAKI KÖNYVTÁRES 1833 DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

Anul 12 nr. 8 București, august 1964

Dezvoltarea industriei electrotehnice în R.P.R.

Alături de celelalte ramuri ale economiei, industria electrotehnică se prezintă la marea sărbătoare a celor 20 de ani de la eliberarea patriei cu un volum de realizări care constituie o contribuție de seamă la dezvoltarea potențialului industrial al țării. Nivelul atins astăzi de industria electrotehnică constituie o deplină confirmare a caracterului realist, științific, al planurilor elaborate de partid pentru înfăptuirea politicii de industrializare, a superiorității economiei socialiste, a capacității ei de a pune în valoare resursele naturale ale țării în scopul avîntului economiei și bunăstării generale.

De la un număr redus de întreprinderi, în mare parte ateliere de reparații sau de serii mici, dotate cu mijloace rudimentare, industria electrotehnică, creată cu aproape 16 ani în urmă, dispune azi de o puternică bază tehnică materială de producție formată din unități mari, puternice, bine organizate și profilate, înzestrate cu tehnica cea mai avansată. Pentru exemplificare citățm: Uzina „Electroputere" Craiova, care produce mașini și aparataj electric greu, de înaltă tensiune, mașini rotative și transformatoare de putere, locomotive Diesel electrice de 2 100 CP etc.; Uzina de mașini electrice-București și Intreprinderea „Electromotor"-Timișoara, care fabrică motoare de gabarite intermediare. Pentru producția de aparataj a fost construită și dezvoltată Uzina „Electroaparataj", care produce aparate automate și neautomate de joasă tensiune și aparataj de instalații. Pentru producția de aparate de radio și televizoare a fost dezvoltată Uzina „Electronica"-București, care, dintr-o secție mică de asamblare, a devenit o unitate puternică cu mii de muncitori și cu o producție de 12 ori mai mare decît în anul 1955; numai în ultimii ani suprafața de producție a acestei uzine s-a mărit de aproape 4 ori. Dintre unitățile complet noi, construite pentru fabricarea unor produse moderne, de tehnicitate ridicată, care nu se produceau în trecut în țară, menționăm noua fabrică de tuburi fluorescente și lămpi cu: vapori de mercur „Electrofar", înzestrată în întregime cu linii tehnologice din cele mai moderne, și noua fabrică de piese radio și semiconductoare de la Băneasa, construită după ultimele cerințe ale tehnicii, care asigură producția de tranzistoare, piese radio, circuite imprimate și altele.

Procesul de lărgire și întărire necontenită a bazei tehnice de producție a determinat o creștere de mare amploare a producției, care în anul 1963 era de 20 de ori mai mare față de anul 1950, în prezent întreaga producție a anului 1948 realizîndu-se în numai 3 zile.

Pe lîngă contribuția însemnată adusă la îndeplinirea înainte de termen a planului de electrificare, industria electrotehnică a devenit o puternică bază pentru introducerea tehnicii avansate în toate ramurile economiei. Ca exemple în acest sens putem menționa înzestrarea cu mașini, aparate și instalații electrice de înalt randament și grad de automatizare a proceselor de producție de la noul furnal de 1 000 m³ de la Combinatul siderurgic Hunedoara, a liniilor de ciment, a centralelor electrice, a liniilor tehnologice pentru industria chimică, a serelor și noilor linii tehnologice pentru industria alimentară etc.

Pentru producția de autocamioane și tractoare se execută întregul echipament electric; pentru dezvoltarea sectorului de telecomunicații — centrale telefonice automate, sisteme tranzistorizate de curenți purtători cu 1, 3 și 24 căi, iar pentru modernizarea transporturilor feroviare — s-au asimilat instalații de semnalizare și centralizare electrodinamice.

Industria electrotehnică a livrat un număr însemnat de motoare electrice, în sute de tipodimensiuni, aparataj electric, cabluri de conductoare etc., cerute de dezvoltarea celorlalte ramuri ale economiei naționale.

În domeniul bunurilor de consum, în perioada 1961—1962 s-au asimilat peste 60 de sortimente noi de aparate de radio, televizoare și aparate electrotehnice de uz casnic. Numai în anul 1963 s-au produs 4 tipuri de televizoare, iar numărul aparatelor de radio fabricate a sporit de aproape 3 ori, față de 1955, livrările de produse electrotehnice de uz casnic crescînd de peste 5 ori față de aceeași perioadă.

*

Atenția deosebită pe care partidul și guvernul o acordă în permanență formării cadrelor necesare economiei și ridicării necontenite a nivelului profesional al acestora, condițiile excepționale create în acest scop, au făcut ca în industria electrotehnică să se formeze colective puternice de specialiști și muncitori de înaltă calificare, care sînt în continuă dezvoltare, în concordanță cu gradul de înzestrare tehnică și cu nivelul tehnic al producției.

Munca desfășurată de aceste cadre în sectoarele productive și în cele de concepție din uzine, cum și în institutele de cercetări, a creat condițiile pătrunderii în producție în ritm rapid a celor mai noi cuceriri ale științei și tehnicii.

În promovarea progresului tehnic, munca de cercetare tehnico-științifică deține un rol din ce în ce mai important, mai activ, și are o eficiență în continuă creștere. Realizările obținute în această privință în industria electrotehnică și în celelalte ramuri ale economiei confirmă pe deplin justețea orientării dată de partid activității de cercetare, îndrumarea permanentă a acesteia și crearea de condiții optime pentru rezolvarea problemelor din ce în ce mai complexe pe care le ridică procesul de dezvoltare a economiei naționale.

În industria electrotehnică, pentru a căpăta o imagine sumară asupra eficienței activității de cercetare tehnico-științifică, este necesar să reținem faptul că economiile pe ultimii cinci ani, rezultate în urma aplicării în producție a soluțiilor elaborate de Institutul de cercetări și proiectări electrotehnice, se ridică la circa 250 milioane lei.

Dintre cercetările aplicate cu rezultate mai deosebite menționăm: îmbunătățirea duratei de funcționare a acumulatoarelor cu plăci de plumb, la care economiile antecalculate se ridică la circa 12 mil. lei anual; seria unitară de descărcătoare electrice, prin care se economisesc anual 1,250 mil. lei; filtrul electrostatic, prin care se realizează o economie de valută de 1,8 mil. dolari, seria de motoare asincrone de la 0,6—100 kW, prin care se obține o economie anuală de 2,5 mil. lei etc.

Cercetarea tehnico-științifică a contribuit, de asemenea, în mod deosebit la stabilirea tipurilor de protecție climatică pentru utilajul industrial destinat pieței externe. Studiile și experimentările efectuate de Institutul de cercetări electrotehnice, în colaborare cu uzinele producătoare, au permis livrarea la export, în protecție climatică TH (pentru regiuni cu climat tropical umed) de mașini și transformatoare electrice, aparataj electric de înaltă și joasă tensiune, tractoare, mașini-unelte, cazane, turbine de abur, instalații de foraj petrolier, instalații complexe, ca: fabricile de ciment pentru R.D.Vietnam și Cuba. Toate aceste exemple arată domeniul larg abordat de lucrările de climatizare a produselor și nivelul activității de cercetare în acest domeniu.

*

Industria electrotehnică este în plină dezvoltare, ca urmare a întăririi continue a bazei sale tehnico-materiale de producție.

Bilanțul prezentat cu prilejul împlinirii a 15 ani de activitate rodnică, a acestei tinere industrii a țării, a fost destul de cuprinzător și a arătat marile perspective ce-i stau în față în viitorul apropiat. Nu a trecut nici un an de la această aniversare și realizările care s-au adăugat în acest interval de timp sînt însemnate. Așa de exemplu, pe primele 5 luni ale anului 1964 producția globală efectiv realizată reprezintă o creștere de peste 15% față de aceeași perioadă a anului trecut. La o serie de produse importante s-au obținut sporuri de producție care depășesc media pe ansamblu arătată mai sus. Așa de exemplu, la generatoare electrice de curent alternativ, realizările în unități naturale sînt cu peste 69% mai mari decît cele din perioada anului precedent; la transformatoare de forță de peste 25 kVA, cu peste 16%, la locomotive Diesel-electrice, cu peste 52%.

Sub conducerea fermă și încercată a partidului, colectivele de muncitori, ingineri și tehnicieni din cadrul industriei electrotehnice vor obține noi succese contribuind prin aceasta la continua înflorire și întărire a patriei noastre.

Corelarea parametrilor şi construcţiei motoarelor cu a generatoarelor în cadrul seriei unitare de maşini sincrone cu puteri de 200—1000 kVA

Corelarea parametrilor generatoarelor şi motoarelor sincrone asigură întrebuinţarea simultană a multor elemente constructive şi piese mecanice şi electrice. Astfel, fierul statorului şi rotorul întreg pot să rămînă aceiaşi. În aceste condiţii se calculează la o solicitare electromagnetică egală, parametrii seriilor de maşini care nu rămîn egali, ca : puterea aparentă, factorul de putere, dîndu-se indicaţii preţioase proiectanţilor şi constructorilor pentru obţinerea unor rezultate tehnico-economice superioare.

Nicolae Cristea* — Craiova

CZ 621.313.323.002.2 (498)

Sistemul energetic naţional s-a extins în întreaga ţară, astfel încît folosirea maşinilor electrice a devenit preponderentă în acţionarea diverselor mecanisme.

Una dintre problemele principale pentru sistemul energetic este de a se asigura un factor de putere mediu ridicat, astfel încît, cu o circulaţie mică a puterii reactive, să ducă la pierderi mici în reţea şi la eliberarea ei pentru transportul energiei active.

Principalul mijloc de a rezolva această situaţie este folosirea unor motoare electrice cu factor de putere ridicat.

Motoarele sincrone sînt primele care corespund acestei cerinţe, mai ales că au şi posibilitatea unei reglări uşoare a circulaţiei puterii reactive.

Practica a dovedit că gama de folosire a acestor motoare este foarte largă — pompe, ventilatoare, compresoare, grupuri convertizoare etc. — şi cu îmbunătăţirea sistemului de cuplare poate fi extinsă chiar şi la unele mori. Pentru o cît mai mare eficienţă, motoarele sincrone, fiind ceva mai complexe decît cele asincrone, se folosesc în general la puteri de la 200 kW în sus şi deci la o tensiune de 6 kV.

Totodată, la numeroase întreprinderi care au la baza tehnologiei lor de fabricaţie aburul, este foarte indicat a se folosi acest abur, în prealabil, pentru acţionarea unor turbine în termocentrale electrice locale de puteri medii. În acest fel, energia electrică este produsă la un preţ de cost foarte scăzut.

Generatoarele se execută de asemenea, în general, la 6 kV cu puteri de la 200 kVA în sus.

Rezultă deci că este strict necesar a se întocmi şi asimila o serie unitară de maşini sincrone — motoare şi generatoare de puteri de 200—1 000 kVA şi la tensiune de 6 kV — care să acopere în mare atît necesarul intern, cît şi pentru export.

Seria unitară de maşini aduce o serie de mari avantaje tehnico-economice binecunoscute în fabricaţia maşinilor.

Gama de puteri a motoarelor sincrone trebuie să fie identică cu cea a motoarelor asincrone, astfel încît să se poată înlocui uşor un tip de maşină cu altul.

Proiectarea seriei unitare de maşini sincrone ridică, în afară de problemele normale ale realizării unor maşini economice cu performanţe uniforme şi ridicate, o serie de noi probleme principiale.

Printre aceste probleme se află şi corelarea parametrilor principali şi construcţia motoarelor sincrone cu a generatoarelor sincrone, astfel încît să li se asigure un caracter de serie unitară cu solicitări electromagnetice judicioase în ambele situaţii, atît la stator, cît şi la rotor.

Aceasta constituie una dintre condiţiile de bază ale proiectării simultane, în cadrul seriei unitare de maşini, a generatoarelor şi motoarelor sincrone.

Pentru asigurarea unui caracter de serie unitară între generatoare şi motoare trebuie ca trecerea, din punct de vedere constructiv, de la o maşină la cealaltă care-i corespunde să se facă cu modificări minime.

În acest sens se vor analiza principalele elemente ale maşinii pentru a se vedea care urmează să fie modificate şi care pot rămîne neschimbate :

— fierul activ al statorului poate rămîne neschimbat, urmărind a se realiza aceleaşi solicitări electromagnetice la ambele maşini;

— bobinajul stator va trebui modificat din cauza schimbării tensiunii la borne $U_g = 1{,}05\ U_n$ (motorul are 6 kV, iar generatorul 6,3 kV) şi a randamentului inclus în calculul curentului motorului sincron;

— puterea aparentă în statorul ambelor maşini va trebui să fie aproximativ aceeaşi, condiţiile de răcire fiind neschimbate. Totuşi, se va ţine seamă de faptul că motorul, avînd numărul de spire mai mic decît generatorul şi cu o secţiune mai mare, va avea un factor de umplere pe înălţime în crestătură mai bun, ceea ce duce la posibilitatea creşterii puterii lui aparente. În acest sens, puterea aparentă a motorului sincron S se va majora de k ori :

$$k = \sqrt{\frac{f_m}{f_g}}, \qquad (1)$$

unde :

f_m este factorul de umplere a bobinajului motorului;

f_g — factorul de umplere a generatorului.

Rezultă :

$$S_m = k \cdot S_g; \qquad (2)$$

— rotorul este util şi poate să rămînă nemodificat. Pentru ca rotorul să rămînă nemodificat este necesar a avea la ambele maşini, la sarcină nominală, acelaşi curent de excitaţie. Valoarea curentului de excitaţie depinde de solicitările magnetice ale circuitului şi de valoarea factorului de putere a maşinii.

După cum s-a văzut, solicitările electromagnetice la ambele maşini se vor păstra aceleaşi, modificînd

* *N. Cristea* este inginer principal proiectant la Serviciul tehnic maşini rotative la uzinele „Electroputere"-Craiova.

numărul de spire ale înfăşurării statorice în raport cu tensiunile la borne, astfel încît să fie acelaşi flux magnetic şi deci aceleaşi inducţii.

În consecinţă, este necesar a se găsi valorile factorilor de putere generator şi motor care să asigure aceleaşi forţe magnetomotoare în sarcină. Corelarea dintre factorii de putere este cu atît mai necesară, cu cît recomandările STAS 1893-50 (cos φ generator = 0,8 şi cos φ motor = 0,8) nu corespund unor proiectări în serie ale maşinilor sincrone (nu duc la acelaşi curent de excitaţie), iar propunerea actuală de înlocuire a STAS-ului vechi nu mai face nici o recomandare în acest sens.

Deci, ipotezele de calcul pentru stabilirea acestor corelări vor fi:

a) puterea aparentă în stator va diferi de la motor la generator doar prin corelaţia din relaţia (2);

b) forţa magnetomotoare f.m.m. va trebui să fie aceeaşi la ambele maşini (acelaşi rotor);

c) factorul de putere a generatorului cos $\varphi_g = 0{,}8$ să fie inductiv.

În cele ce urmează se va nota cu indicele m tot ce se referă la motorul sincron şi cu indicele g tot ce se referă la generatorul sincron.

Puterea activă a generatorului sincron va fi (notînd cu S putere aparentă):

$$P_g = S_g \cos \varphi_g, \tag{3}$$

iar puterea utilă la arbore a motorului sincron:

$$P_m = S_m \eta \cos \varphi_m, \tag{4}$$

în care η este randamentul motorului.

Rezultă:

$$P_m = S_g k \eta \cos \varphi_m. \tag{5}$$

Calculele efectuate concret pentru diverse maşini din serie arată că produsul $k \cdot \eta \cong 1$, adică $k \cong \frac{1}{\eta}$ (6), din următoarele motive:

— curba variaţiei lui k în funcţie de putere este similară curbei variaţiei lui $\frac{1}{\eta}$;

— alegerea numărului de spire nu poate fi făcută continuu, ci numai în trepte, ceea ce duce la mici devieri de solicitări;

— chiar o uşoară supraîncărcare a statorului motorului sincron nu duce direct la o creştere a încălzirii bobinajului, deoarece pierderile în cupru intervin împreună cu pierderile în fier care sînt considerate constante.

Deci:

$$P_m = S_g \cos \varphi_m. \tag{7}$$

Avînd:

$$U_g = 1{,}05\ U_m, \tag{8}$$

se ajunge la:

$$I_g = \frac{S_g}{\sqrt{3}\, U_g}, \tag{9}$$

$$I_m = \frac{P_m}{\eta \cos \varphi_m} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}\, U_m} = \frac{S_g}{\eta} \cdot \frac{1{,}05}{\sqrt{3}\, U_g} = 1{,}05 \frac{I_g}{\eta}. \tag{10}$$

Din condiţia de a avea aceleaşi inducţii la acelaşi fier activ rezultă pentru numărul de spire:

$$W_g = 1{,}05\ W_m. \tag{11}$$

Calculînd raportul reactanţelor se obţine:

$$\frac{X_{adm}}{X_{adg}} = \frac{K_d \cdot \frac{F_{am}}{F'_{\delta om}}}{K_d \cdot \frac{F_{ag}}{F'_{\delta og}}} = \frac{F_{am}}{F_{ag}} = \frac{1}{\eta}, \tag{12}$$

în care:

X_{adm} este reactanţa sincronă longitudinală a motorului;

X_{adg} — reactanţa sincronă longitudinală a generatorului;

F_{am} — f.m.m. de reacţie a indusului motorului;

F_{ag} — f.m.m. de reacţie a indusului generatorului;

$F'_{\delta im}$ — f.m.m. în întrefier şi interstiţiul polului motorului;

$F'_{\delta ig}$ — f.e.m. în întrefier şi interstiţiul polului generatorului;

K_d — coeficient de trecere de la f.m.m. a înfăşurării indusului la f.m.m. a înfăşurării de excitaţie;

$F'_{\delta om} = F'_{\delta og}$, deoarece există aceleaşi caracteristici de mers în gol.

La fel se poate scrie pentru reactanţa sincronă transversală X_{aq} relaţia:

$$\frac{X_{aqm}}{X_{aqg}} = \frac{1}{\eta} \tag{13}$$

şi pentru reactanţa de scăpări $X\sigma$:

$$\frac{X_{\sigma m}}{X_{\sigma g}} = \frac{1}{\eta}. \tag{14}$$

Pentru calculul forţei magnetomotoare de excitaţie în sarcină există relaţia:

$$F_{en} = F_{eo} + F_{ad} = F_{eo} + K_d\, 0{,}9\, k_w \sin \psi \cdot A\tau, \tag{15}$$

unde:

F_{en} este f.m.m. de excitaţie la plină sarcină;

F_{eo} — f.m.m. de excitaţie la mersul în gol;

F_{ad} — f.m.m. de reacţie longitudinală;

k_w — factorul de înfăşurare;

ψ — unghiul de defazare între curentul indusului şi f.e.m. de mers în gol;

A — încărcarea liniară a indusului;

τ — pasul polar al indusului.

După cum s-a văzut, $F_{eom} = F_{eog}$.

Rezultă deci că este necesar să existe şi egalitatea:

$$F_{adm} = F_{adg}, \text{ adică: } A_m \sin \psi_m = A_g \sin \psi_g. \tag{16}$$

Deci, forţa magnetomotoare de excitaţie depinde de încărcarea liniară A, care este cunoscută, şi de sin ψ, care trebuie determinat.

Dependenţa dintre sin ψ_m şi sin ψ_g rezultă din relaţia (16), făcînd înlocuirile corespunzătoare:

$$\sin \psi_m = \eta \sin \psi_g. \tag{17}$$

Valoarea lui sin ψ depinde, la reactanțe date, practic numai de cos φ al mașinii. Pentru a determina această dependență se vor trasa, la aceeași putere aparentă de ieșire în kVA, curbele:

$$\sin \psi_g = f(\cos \varphi_g) \text{ și } \sin \psi_m = f(\cos \varphi_m).$$

Valoarea lui sin ψ se determină grafic din diagrama tensiunilor la sarcina nominală dată de ecuația:

$$\overline{E'}_o = \overline{U} + \overline{E}_s + \overline{E}_{aq} + \overline{E}_{ad} \qquad (18)$$

sau trecînd la impedanțe și neglijînd rezistența ohmică a înfășurării statorului:

$$\overline{E'}_o = \overline{U} + \overline{X}_\sigma \overline{I} + \overline{I} \sin \psi \, \overline{X}_{ad} + \overline{I} \cos \psi \, \overline{X}_{aq}. \qquad (19)$$

Determinarea se va face pentru valori medii ale reactanțelor obișnuite în asemenea cazuri (reactanțele sînt date în unități relative).

$X_q = 0{,}35—0{,}75$; $X_d = 0{,}7—1{,}3$; $X_\sigma = 0{,}06 — 0{,}12$, admițînd ca valori medii:

$$\eta = 0{,}93; \; X_{qg} = 0{,}60; \; X_{\sigma g} = 0{,}08; \; X_{aqg} = $$
$$= X_{qg} — X_{\sigma g} = 0{,}60—0{,}81 = 0{,}52;$$
$$X_{aqm} = \frac{0{,}52}{0{,}93} = 0{,}55; \quad X_{\sigma m} = \frac{0{,}08}{0{,}93} = 0{,}09 \; X_{qm} =$$
$$= 0{,}55+0{,}09 = 0{,}64.$$

Construind diagrama tensiunilor pentru diverși cos φ_g și cos φ_m la aceeași putere aparentă de ieșire (fig. 1), se găsesc valorile lui sin ψ_g și sin ψ_m trecute în figura 2.

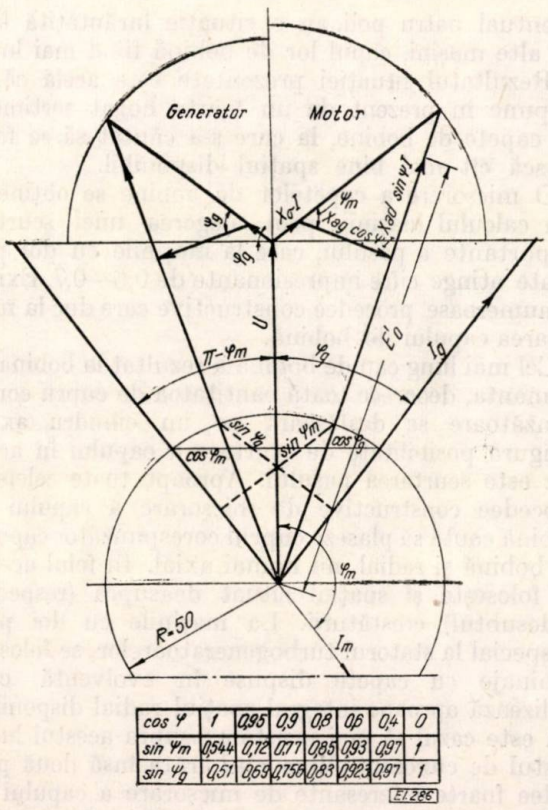


Fig. 1. Diagrama tensiunilor pentru determinarea sin ψ_m și sin ψ_g în funcție de cos φ, la valoarea constantă a reactanțelor.

Din aceste diagrame rezultă că la cos $\varphi_g = 0{,}8$ corespunde sin $\psi_g = 0{,}84$.

Deci, sin $\psi_m = \eta$ sin $\varphi_g = 0{,}93 : 0{,}83 = 0{,}77$.

La sin $\psi_m = 0{,}77$ corespunde cos $\varphi_m \cong 0{,}9$.

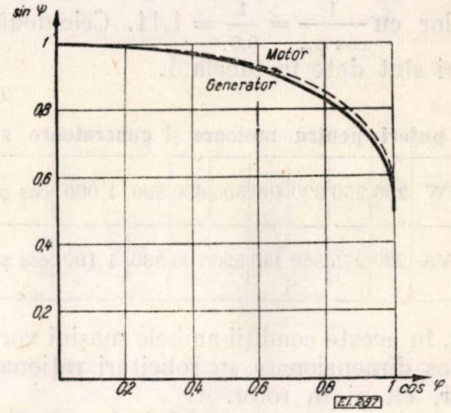


Fig. 2. Diagrama variației lui sin ψ în funcție de cos φ pentru valorile medii ale reactanțelor.

Aceleași rezultate se obțin lucrînd și cu valorile extreme ale reactanțelor.

De asemenea, pentru a nu modifica rotorul de la motor la generator este necesar ca colivia rotorică să poată îndeplini în prima situație pornirea în asincron, fără fenomenul de lipire, iar în cealaltă situație să fie un amortizor bun și cu pierderi suplimentare mici. De aceea, trebuie ales un astfel de raport între pașii crestăturilor rotorice și statorice, încît să satisfacă ambele relații, cu abaterile admisibile ale condițiilor optime de funcționare.

În acest sens, pentru generator este indicat ca (în funcție de q) $t_2 = t_1$ sau $0{,}8 \; t_1 \leqslant t_2 \leqslant 0{,}9 \; t_1$,

$$1{,}1 \; t_1 \leqslant t_2 \leqslant 1{,}2 \; t_1, \qquad (20)$$

unde:

t_1 și t_2 — pasul dentar indus, respectiv al crestăturilor bobinajului de amortizare.

În ambele cazuri, barele sînt din cupru electrolitic.

În cazul nostru nu pot fi discutate decît aceste ultime relații, pentru că prima ($t_2 = t_1$) duce la fenomenul de lipire la pornirea în asincron.

Pentru a satisface și condițiile unei bune porniri, barele se vor executa din alamă sau chiar aluminiu și, în același timp, va trebui să se respecte inegalitățile:

$$t_2 \geqslant 0{,}8 \; t_1,$$

și

$$(N_b — 1) \left(1 — \frac{t_2}{t_1}\right) \geqslant 0{,}75, \qquad (21)$$

unde N_b este numărul de bare pe pol.

Concluzii

Din cele expuse rezultă:

La aceeași putere aparentă, factorul de putere al generatorului sincron fiind 0,8 inductiv, cel al motorului sincron va fi 0,9 capacitiv. Acest factor

de putere asigură motorului şi o bună capacitate de suprasarcină de circa 2.

Scara de puteri aparente ale generatoarelor va trebui decalată de cea a puterilor la arbore ale motoarelor cu $\frac{1}{\cos \varphi_m} = \frac{1}{0{,}9} = 1{,}11$. Cele două scări de puteri sînt date în tabela 1.

Tabela 1

Scara de puteri pentru motoare şi generatoare sincrone

Motor	kW	200	250	320	400	500	630	800	1 000	$\cos \varphi_m = 0{,}9$
Generator	kVA	220	275	350	440	550	700	880	1 100	$\cos \varphi_g = 0{,}8$

Astfel, în aceste condiţii ambele maşini vor putea fi judicios dimensionate cu solicitări raţionale atît în stator, cît şi în rotor.

Puterea aparentă a motorului sincron este mai mare decît cea a generatorului. La un randament mediu de 0,93, luat în exemplul anterior, rezultă:

$$S_m = \frac{S_g}{0{,}93} = 1{,}07\, S_g.$$

Această creştere de putere este acoperită, aşa cum s-a arătat, printr-un factor de umplere mai bun al crestăturii la motor. Calculele exacte, executate la maşinile din serie, au arătat că acest lucru nu numai că este posibil, dar este chiar necesar pentru a nu avea spaţii goale în crestătură la aceleaşi solicitări.

Alegerea numărului de bare ale coliviei în polii rotor trebuie astfel făcută încît să satisfacă atît condiţiile cerute pentru a avea pierderi suplimentare minime în cazul funcţionării ca amortizor, cît şi condiţiile de pornire în asincron fără fenomenul de lipire.

Intrat în redacţie la 25.IX.1963

Bobinajul în Z, un nou tip de bobinaj pentru maşini electrice

Se descrie un nou tip de bobinaj care poate fi aplicat la înfăşurările cu două straturi. Bobinajul se foloseşte cel mai bine la maşinile asincrone şi sincrone atît la stator, cît şi la rotor. Aplicat la rotor, el poate să aibă şi rolul de ventilator. Specific la acest bobinaj este faptul că una din laturile drepte ale bobinei este în formă de Z.

Victor Bunea şi Simion Flueraşu* — Bucureşti

CZ 621.313.042

Una dintre problemele cele mai importante care se pun constructorului de maşini electrice este folosirea cît mai bună a spaţiului disponibil pentru capul de bobină.

Pentru a putea aprecia importanţa acestei probleme este suficient să se arate că un motor modern, de exemplu de 75 kW/3 000 rot/min, are lungimea pachetului de tole de 260 mm, iar lungimea însumată a capetelor de bobină depăşeşte această lungime activă. Acest lucru înseamnă că micşorarea lungimii capetelor de bobină poate duce la o însemnată micşorare a gabaritului maşinii şi deci a greutăţii şi a preţului de cost. Nu trebuie neglijat nici faptul că un cap de bobină scurt prezintă şi avantajul unei reactanţe de scăpări mai mică. Lungimea L a capului de bobină este dată de următoarea relaţie foarte simplă, însă foarte des folosită [1]:

$$L = 2\,U + 1{,}8\,S,$$

unde U este tensiunea de alimentare în kV, iar S este deschiderea bobinei. Pentru tensiuni sub 1 kV se poate admite: $L = 1{,}8\,S$, iar dacă se foloseşte coeficientul k de scurtare a pasului de bobină rezultă:

$$L = 1{,}8\,k\,\tau_p, \qquad (1)$$

în care τ_p este pasul polar.

Din relaţia (1) rezultă că maşinile electrice cu număr mic de poli, în special maşinile cu doi, eventual patru poli, au o situaţie înrăutăţită faţă de alte maşini, capul lor de bobină fiind mai lung.

Rezultatul situaţiei prezentate este acela că se dispune în prezent de un foarte bogat sortiment de capete de bobine, la care s-a căutat să se folosească cît mai bine spaţiul disponibil.

O micşorare a capetelor de bobine se obţine şi din calculul maşinii, prin alegerea unei scurtări importante a pasului, care la maşinile cu doi poli poate atinge cifre impresionante de 0,6—0,7. Există şi numeroase procedee constructive care duc la micşorarea capului de bobină.

Cel mai lung cap de bobină a rezultat la bobinajul în manta, deoarece toată cantitatea de cupru corespunzătoare se desfăşoară pe un cilindru axial. Singura posibilitate de scurtare a capului în acest caz este scurtarea pasului. Aproape toate celelalte procedee constructive de micşorare a capului de bobină caută să plaseze cuprul corespunzător capului de bobină şi radial, nu numai axial. În felul acesta se foloseşte şi spaţiul situat deasupra (respectiv dedesubtul) crestăturii. La maşinile cu doi poli, în special la statorul turbogeneratoarelor, se folosesc bobinaje cu capete dispuse în evolventă care utilizează aproape integral spaţiul radial disponibil. Nu este cazul să mai insistăm asupra acestui lucru destul de cunoscut. Vom mai arăta însă două procedee foarte interesante de micşorare a capului de bobină realizate la noi în ţară. Primul procedeu al inginerilor A. Berberianu şi H. Aslan [2] este denumit bobinaj cu capete dispuse în două coroane

* *V. Bunea* este inginer principal la U.M.B., iar ing. *S. Flueraşu* este tehnolog principal la aceeaşi uzină.

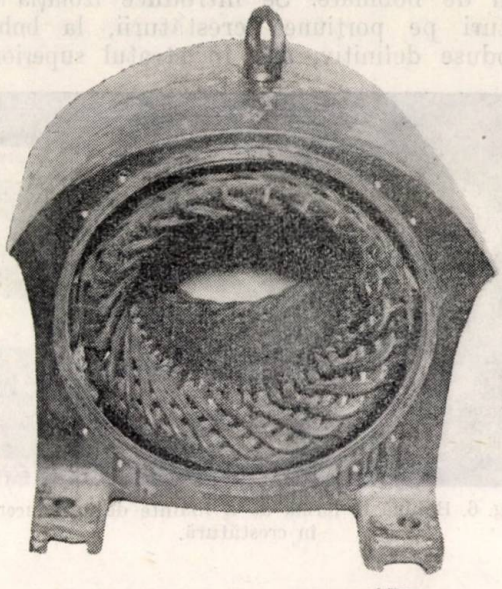


Fig. 1. Bobinaj cu capete în dublă coroană.

(fig. 1). Ing. A. Fetița a dat o extindere a acestui procedeu, aplicîndu-l și la bobinajele într-un strat.

Un alt procedeu recent, deosebit de original și interesant, este cel realizat de ing. S. Stamate de la uzinele „Electroputere", care de altfel a revenit la vechiul bobinaj în inel pentru excitatricele trifazate cu colector, bipolare fără stator, necesare compensării factorului de putere la motoarele mari asincrone.

Seria de excitatrice trifazate, realizate în prezent de uzinele „Electroputere", se bazează pe acest procedeu, obținîndu-se astfel o economie de cupru și o considerabilă reducere de gabarit [3].

În foarte multe cazuri, capul de bobină trebuie executat în așa fel încît să aibă o suprafață de răcire cît mai mare, contribuind astfel la o mai bună răcire a mașinii.

La mașinile cu rotorul bobinat, problema capului de bobină este mai dificilă deoarece spațiul disponibil este mai mic.

Descrierea noului tip de bobinaj în Z

Căutîndu-se înlăturarea deficiențelor, arătate în această lucrare, la Uzina de mașini electrice — București [4] s-a putut realiza un tip nou de bobinaj, care a fost numit bobinaj în Z.

Se va descrie în continuare o aplicare a acestui bobinaj la rotoarele bobinate ale mașinilor electrice asincrone.

În figura 2 a, b, c, d se reprezintă dispoziția completă a capului de bobină în formă de Z.

Capul de bobină cuprinde patru porțiuni distincte:

a. O porțiune rectilinie *1*, care este în prelungirea crestăturii pînă la finele capului de bobină;

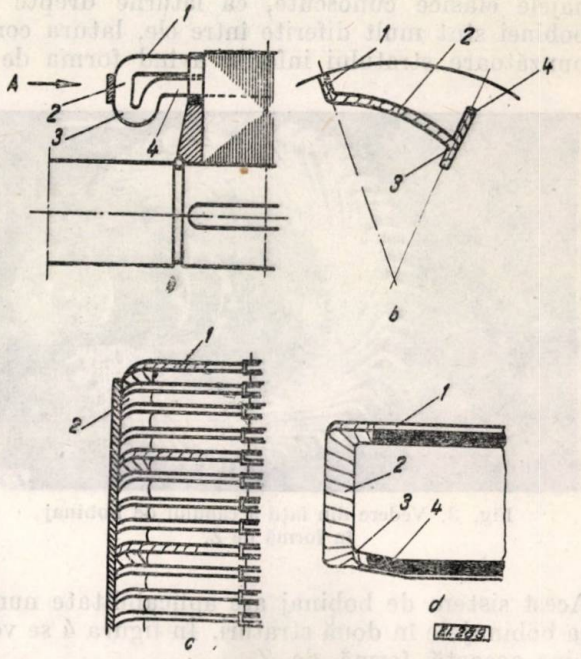


Fig. 2. Bobinaj în formă de Z:
a — secțiune axială rotor; *b*— vedere din direcția A; *c* — vedere de sus; *d* — bobină în formă de Z.

b. O porțiune frontală *2*, care coboară pe lungimea pasului bobinajului de la înălțimea stratului superior pînă la o înălțime convenabil aleasă (în funcție de pasul bobinajului și de grosimea bobinei), astfel încît înclinarea acestei porțiuni să permită suprapunerea succesivă pe lat într-un plan frontal al porțiunii frontale a capetelor de bobină, fără spații intermediare între porțiunile frontale.

c. O porțiune de buclă *3*, care permite ridicarea capului de bobină de la înălțimea rezultată din înclinarea porțiunii frontale pînă la înălțimea stratului inferior.

d. O ultimă porțiune rectilinie *4* în prelungirea crestăturii, însă de o lungime mai redusă decît prima porțiune *1*.

Este de observat că suprapunerile frontale arătate la punctul b, dacă sînt bine legate și apoi impregnate, formează prin aceasta un inel masiv, care duce la o mare rigidizare a capului de bobină.

În figura 3 se vede mai bine aspectul acestui inel înainte de legare și impregnare. Văzut ca în figura 3, el poate fi comparat, în parte, cu un bobinaj în evolventă. Se vede și din figura 2 că porțiunea a doua este aproximativ o curbă evolventă.

Caracteristic la acest bobinaj este bucla *3* din figura 2, care înlocuiește cunoscuta buclă aflată la mijlocul capului de bobină la bobinajele clasice în evolventă. Se vede că la acest bobinaj nou, bucla este mutată de la mijloc spre porțiunea dreaptă a bobinei, corespunzătoare stratului inferior. Se mai observă, spre deosebire de bobi-

najele clasice cunoscute, că laturile drepte ale bobinei sînt mult diferite între ele, latura corespunzătoare stratului inferior avînd forma de Z.

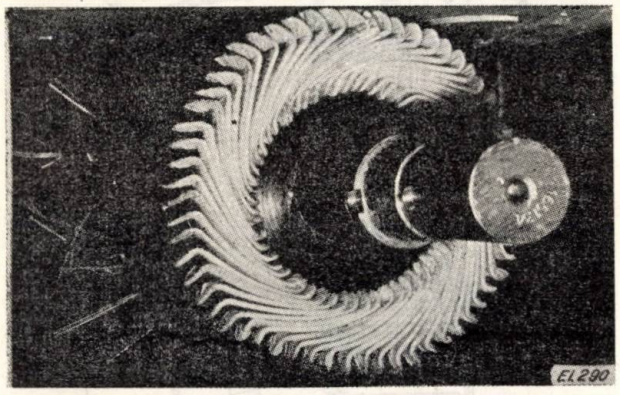


Fig. 3. Vedere din față a capului de bobinaj în formă de Z.

Acest sistem de bobinaj are aplicabilitate numai la bobinajele în două straturi. În figura 4 se vede bine această formă de Z.

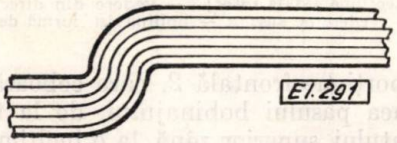


Fig. 4. Latura dreaptă a bobinei, corespunzătoare stratului inferior, la bobinajul în formă de Z.

În figura 5 se indică cu o săgeată acest Z, de unde rezultă și denumirea acestui tip de bobinaj.

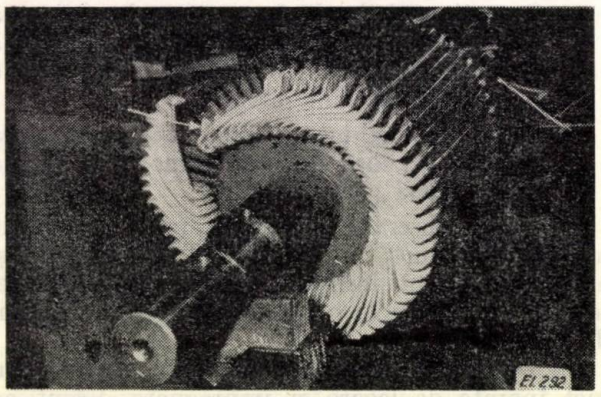


Fig. 5. Rotor parțial bobinat cu bobine în formă de Z.

În figura 6 se arată o bobină de rotor gata, înainte de introducerea ei în crestătură.

Din punctul de vedere al execuției tehnologice, bobina nu prezintă nici o dificultate, ea făcîndu-se pe un șablon potrivit care îi dă forma exactă.

Se începe prin introducerea în crestătură a stratului inferior al primelor bobine, stratul superior fiind introdus provizoriu. Se va respecta pasul de bobinare. Se introduce izolația între straturi pe porțiunea crestăturii, la bobinele introduse definitiv, atît în stratul superior cît

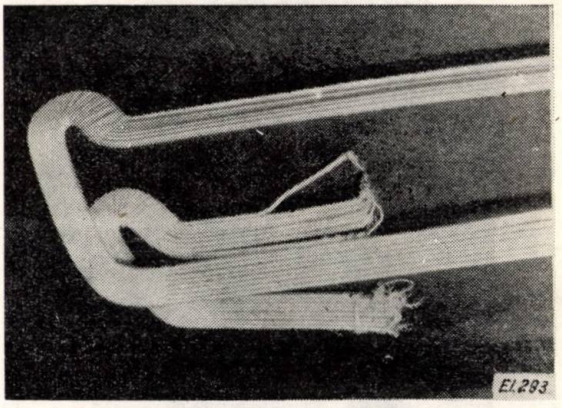


Fig. 6. Bobină în formă de Z înainte de introducerea în crestătură.

și în cel inferior. Numărul de bobine al căror strat superior se introduce numai provizoriu, va fi egal cu doi pași de bobinare. Se introduce restul de bobine complet, introducînd și penele în crestătură. Încheierea bobinajului cu numărul de bobine a căror parte superioară a fost introdusă provizoriu se face în mod normal ca la alte bobinaje în două straturi cu coroană normală, diferit fiind numărul mare de bobine introduse la început provizoriu, numai la partea superioară (numărul de bobine fiind egal cu doi pași de bobinare). Aceasta este necesar pentru a nu deforma bobinele în porțiunea a 2-a (fig. 2).

După încheierea bobinajului și introducerea tuturor penelor în crestătură se trece la consolidarea bobinajului prin fixarea unui inel pe părțile frontale ale capetelor de bobine, legîndu-se cu o bandă de consolidare.

Caracteristicile și avantajele bobinajului în Z:

— are lungimea axială mult redusă, ducînd la un gabarit mai mic al mașinii;

— prezintă un cap de bobină care este foarte rigid prin formarea inelului (fig. 3), iar în același timp porțiunile rectilinii ale bobinelor au însăși rolul de ventilator.

În felul acesta motoarele avînd rotorul cu bobinaj în formă de Z nu mai au nevoie de ventilator separat;

— izolația dintre faze se reduce la o fîșie de preșpan, care se introduce foarte ușor, deoarece capetele de bobină se suprapun și nu se traversează, iar izolația dintre straturi nu mai este necesară, întrucît forma bobinei împiedică de la sine atingerea între ele.

Datorită acestui lucru, folosirea bobinajului la statoarele mașinilor electrice cu turație de 3 000 rot/min este avantajoasă chiar în cazul cînd nu se urmărește o răcire mai bună, ci numai pentru a înlătura posibilitatea defectelor (atingerea între faze).

Bobinajul poate fi folosit atît cu conductor rotund (pentru mașinile mici), cît și cu conductor profilat (pentru mașinile mijlocii și mari). În cazul folosirii conductoarelor rotunde, bobina poate fi lățită foarte mult. În cazul conductorului profilat, bobinele sînt foarte rigide, menținîndu-și forma, dînd astfel efect de ventilator corespunzător.

Concluzii

Bobinajul în formă de Z a fost experimentat la Uzina de mașini electrice — București la motoarele de 28 kW, 750 rot/min, realizîndu-se o economie de 10% de cupru la greutatea rotorului și o scădere a încălzirii de 11°C.

De asemenea experiențele efectuate cu un astfel de bobinaj la statorul motoarelor de 100 kW, 1 500 rot/min, au dus la o scădere a încălzirii cu 20°C.

Prin experimentările făcute s-a dovedit că bobinajul în formă de Z poate fi de mare folos în cazul mașinilor electrice unde spațiile sînt reduse și unde se urmărește ca însăși bobinajul să formeze un ventilator.

Bibliografie

[1] *Liwschitz.* Die elektrischen Maschinen, Bd. III. Berlin, Verlag B. G. Teubner, 1931.
[2] *Bălă, C., Fetița, Al.* și *Lefter, V.* Cartea bobinatorului de mașini electrice. București. Editura tehnică, 1961.
[3] *Stamate, S.* și *Catrina, M.* O nouă serie de condensatoare cu colector. In: Comunicări tehnice-„Electroputere".
[4] Brevet de invenție dosar 42 786 din 22 iunie 1959. Autor, ing. Fluerașu Simion.

Intrat în redacție la 15.V.1964

Cercetări experimentale asupra caracteristicii de pornire a mașinilor electrice rotative, sincrone și asincrone

T. 615/65 LEFORDITVA

Cercetările întreprinse asupra mașinilor electrice cu colivie din aluminiu, fabricate la U.E.P.C., au permis tragerea unor concluzii privind influența pieselor polare masive, a coliviei, a înclinării crestăturii rotorice asupra pierderilor de diferite feluri, precum și asupra caracteristicilor de pornire. Rezultă pentru constructori indicații prețioase care permit evitarea unor greșeli.

Ovidiu Drăgănescu, Gheorghe Galbenu, Serglu Stamate* — Craiova și Aurel Cîmpeanu — Timișoara**

CZ 621.313.3—573 : 621.317.643

Automatizarea pornirii mașinilor electrice rotative impune cunoașterea cît mai riguroasă a caracteristicilor acestora, dintre care, caracteristica mecanică $M = f(s)$ prezintă un interes deosebit, întrucît în funcție de ea se alege atît mașina cît și schema de automatizare. Necesitatea aprofundării acestei probleme rezultă și din faptul că la o serie de tipuri de mașini, cum este cazul mașinilor sincrone cu piese polare masive, sau al mașinilor asincrone, avînd pe rotor colivie din bare înclinate de aluminiu, caracteristica mecanică determinată la platformă diferă uneori substanțial de cea calculată. În această direcție se fac eforturi serioase pentru a se elabora metodici de calcul care să permită obținerea de rezultate cît mai apropiate de cele experimentale [1], [2], [3], [4], [5].

Avînd în vedere cele expuse, în această lucrare se prezintă rezultatele experimentale obținute la determinarea caracteristicii $M = f(s)$ pe diferite tipuri de mașini. Astfel în cazul mașinilor sincrone se examinează dependența cuplului de tensiune, la diverse tipuri de mașini, precum și dependența cuplului, în perioada pornirii, de valoarea rezistenței la care este conectată înfășurarea de excitație. Se prezintă atît cazul mașinii cu piese polare masive, cît și cu colivie și se compară rezultatele. La mașinile asincrone se examinează cuplul în perioada pornirii în funcție de tipul și înclinarea crestăturii rotorice.

I. Metoda de încercare

Pentru determinarea caracteristicii $M = f(s)$ s-a utilizat metoda statică. Această metodă se bazează pe realizarea unui cuplu rezistent la arborele motorului pentru diverse turații, conform relației:

$$M_{fr} = M_{rot}$$

în care:

M_{fr} este cuplul rezistent creat la arborele motorului de încercat;
M_{rot} — cuplul activ dezvoltat de motorul de încercat.

Mașina folosită pentru frînare este un dinam de curent continuu cu cîntar care permite citirea directă a cuplului.

II. Rezultatele cercetărilor experimentale

a) *Mașini sincrone.* Utilizînd această metodă s-a determinat caracteristica mecanică la o serie de mașini sincrone cu piese polare masive de puteri între 300 și 1 000 kW. Alura caracteristicilor obținute este aceeași pentru toate mașinile de tipul amintit. În figura 1 sînt prezentate

* *O. Drăgănescu* și *S. Stamate* sînt ingineri principali la U.E.P.C., iar *Gh. Galbenu* este inginer la aceeași uzină.
** Ing. *A. Cîmpeanu* este asistent la Institutul politehnic — Timișoara.

caracteristicile $M = f(s)$ pentru trei situații diferite, la un motor sincron de 320 kW, 750 rot/min, 6 kV, cu piese polare masive.

Curba *1* este ridicată pentru bobinajul de excitație scurtcircuitat, la tensiunea $U = 1/2\ U_N$. Forma curbei indică prezența unui cuplu monoaxial puternic, care la $s \simeq 0{,}5$ provoacă o șa pronunțată. În continuare, pentru $0{,}5 > s > 0$ cuplul dezvoltat de motor scade sensibil, ceea ce face ca motorul să rămînă agățat la turații sub cea nominală. Caracteristica mecanică ridicată în situația cu bobinajul de excitație deschis (curba *2*, fig. 1) arată că motorul dezvoltă un

Fig. 1. Curbele de variație a cuplului de pornire în asincron pentru motorul sincron MSA-G 320 kW, 6 kV, 750 rot/ min:

1 — bobinajul de excitație scurtcircuitat; *2* — bobinajul de excitație deschis; *3* — bobinajul de excitație conectat pe rezistență.

cuplu superior celui în situația în care bobinajul de excitație este scurtcircuitat, în special de la $s < 0{,}5$ pînă la $s \simeq 0{,}1$. Totuși pornirea motorului cu bobinajul de excitație deschis nu este posibilă, datorită tensiunilor mari care apar la bornele acestuia. Întrucît bobinajul de excitație, fiind deschis, nu participă la realizarea cuplului rezultant, șaua este foarte puțin pronunțată. În cazul în care bobinajul de excitație este conectat pe o rezistență ohmică de aproximativ 10 ori valoarea sa (fig. 1, curba *3*) cuplul dezvoltat de motor de la $s = 1$ la $s = 0{,}5$ este practic egal cu acela din cazul în care bobinajul de excitație este scurtcircuitat. Cuplul monoaxial este la fel de important și în această situație însă cuplul pentru $s < 0{,}5$ crește. Astfel cuplul de intrare în sincronism este de 2,5 ori mai mare decît în situația în care bobinajul de excitație este scurtcircuitat sau deschis.

Prezența unei șei pronunțate pe caracteristica mecanică face ca acest tip de motoare, mai ieftine și mai robuste, în special la turații mari, decît cele cu colivie de pornire, să fie utilizate într-un domeniu restrîns în care cuplul rezistent al agregatului este inferior celui minim dezvoltat de motor în perioada pornirii.

La mașinile sincrone cu piese polare masive s-a analizat de asemenea variația cuplului la $s = 1$ în funcție de poziția rotorului. Pentru aceasta, rotorul a fost dispus față de stator în axa longitudinală și în axa transversală. Corespunzător acestor poziții s-a determinat cuplul dezvoltat de motor. Experiențele s-au făcut asupra motorului de 320 kW, 750 rot/min, 6 kV. Rezultatele au arătat că acest cuplu variază după o lege periodică a cărui perioadă este egală cu pasul polar și că valorile limită corespund axei longitudinale și transversale. Astfel, valoarea maximă corespunde situației în care rotorul este dispus pe axa longitudinală, iar cea minimă, situației în care rotorul este dispus pe axa transversală.

Raportul dintre aceste două cupluri este:

$$K_M = \frac{M_d}{M_q} = 1{,}36\ ,$$

unde:

M_d este cuplul, pentru $s = 1$, corespunzător axei longitudinale;

M_q — cuplul, pentru $s = 1$, corespunzător axei transversale.

Valoarea mare a acestui raport impune ca standardele să precizeze, în cazul mașinilor sincrone fără colivie de pornire, ce se înțelege prin cuplul de pornire, asupra căruia dintre aceste două cupluri să se aplice toleranțe, precum și valoarea lor. Rezultă de asemenea că în cazul în care se folosesc metode dinamice pentru determinarea caracteristicii $M = f(s)$ trebuie să se ia în considerație poziția rotorului față de stator.

O altă problemă importantă legată de caracteristica mecanică este aceea a recalculării cuplului în perioada pornirii de la o tensiune la alta,

Multe din motoarele sincrone pornesc cu ajutorul autotransformatoarelor datorită puterii limitate a rețelei. Din motivul arătat, precum și din altele, este necesară cunoașterea legii de variație a cuplului, funcție de tensiune. Pentru aceasta s-a determinat caracteristica mecanică la diverse tensiuni pe o serie de motoare sincrone cu piese polare masive prezentîndu-se ca tipice rezultatele obținute pe motorul menționat.

S-a verificat legea:

$$M_1 = M\left(\frac{U_1}{U}\right)^n,$$

de unde a rezultat experimental că exponentul n este diferit de 2.

Parametrii din această relație sînt:

U_1 — tensiunea la care se recalculează cuplul M_1;

U — tensiunea la care s-a determinat cuplul M.

S-a găsit astfel că acest exponent este practic constant în funcție de alunecare și aproximativ egal cu 2,3. La aceste determinări, bobinajul de excitație a fost conectat pe o rezistență de 10 ori valoarea sa.

Pentru a se face comparație între mașinile sincrone fără colivie de pornire și cele cu colivie,

s-a ridicat caracteristica mecanică și la o serie de motoare cu colivie.

În continuare se prezintă rezultatele experimentale obținute la un motor de 100 kW, 380 V, 300 rot/min cu colivie de pornire din alamă și crestături închise. Caracteristica $M = f(s)$ a fost determinată pentru bobinajul de excitație deschis (curba 1,2,3, fig. 2). Forma caracteristicii este determinată numai de colivie. Datorită rezistenței electrice mari a coliviei, curba cuplului este deplasată spre alunecări mari. Aceasta face ca cuplul corespunzător alunecării $s = 0{,}05$ să fie mic. A fost determinată caracteristica mecanică pentru situația în care bobinajul de excitație a fost conectat pe o rezistență de aproximativ zece ori rezistența sa (fig. 2, curba *4*). În această situație cel de-al

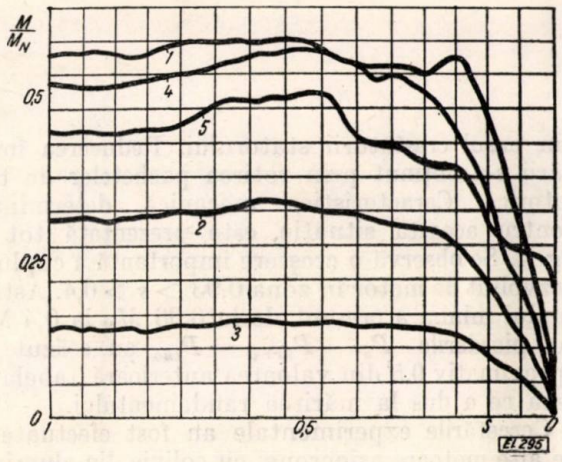


Fig. 2. Curbele de variație a cuplului de pornire în asincron pentru motorul sincron MSI 100 kW, 380 V, 300 rot/min :

1, *2* și *3* — cu bobinajul de excitație deschis și pentru tensiunile de 250, 200, respectiv 150 V; *4* — bobinajul de excitație conectat pe rezistență $U=250$ V; *5* — bobinajul de excitație scurtcircuitat $U=250$ V.

doilea bobinaj de pe rotor ia parte la obținerea cuplului rezultant al mașinii. Cuplul monoaxial creat de acesta este mic, iar colivia are rol preponderent. Caracteristica $M = f(s)$ se deplasează spre alunecări mici datorită diminuării rezistenței echivalente a circuitului rotoric.

În cazul în care bobinajul de excitație este scurtcircuitat, cuplul dezvoltat de motor se micșorează. În domeniul alunecărilor mici, influența bobinajului de excitație devine importantă și cuplul scade simțitor (fig. 2, curba *5*) față de situația în care bobinajul de excitație a fost conectat pe rezistență, cu excepția zonei $0 < s < 0{,}1$. Cum de altfel era cunoscut, caracteristica mecanică este superioară la mașinile sincrone cu colivie, întrucît nu prezintă acea șa pronunțată ca la mașinile cu piese polare masive.

S-a studiat problema variației cuplului dezvoltat de motor la $s = 1$ în funcție de poziția rotorului și la acest tip de mașini. Experimental s-a găsit că cuplul nu depinde practic de poziția rotorului. Încercările au fost efectuate cu bobinajul de excitație conectat pe o rezistență de aproximativ 10 ori rezistența sa.

Caracteristicile mecanice atît pentru bobinajul de excitație deschis, cît și pentru acesta conectat în scurtcircuit sau pe rezistență, au fost ridicate la mai multe valori ale tensiunii de alimentare. Astfel, în cazul în care bobinajul de excitație este deschis, exponentul n din relația

$$M_1 = M\left(\frac{U_1}{U}\right)^n$$

este de aproximativ 2,7.

Exponentul n a fost determinat pentru situația în care bobinajul de excitație a fost conectat pe o rezistență. Valoarea sa este practic egală cu cea determinată pentru cazul cînd bobinajul de excitație a fost deschis.

În cazul în care bobinajul de excitație este scurtcircuitat exponentul n are valoarea aproximativă 2,6. Abaterea mare a lui n față de valoarea 2 se datorește variației reactanțelor mașinii în funcție de tensiune.

b) *Mașini asincrone.* Punerea la punct a tehnologiei sudării aluminiului a permis utilizarea acestuia ca material activ în construcția motoarelor asincrone de puteri din ce în ce mai mari. De preferință aluminiul este utilizat pentru confecționarea coliviei rotorice, prin turnare, la motoarele mici, sau din laminate sudate, la motoarele de puteri mai mari. La UEPC s-a realizat seria unitară de motoare asincrone trifazate de la 100 kW la 1 000 kW ale căror rotoare au colivie din bare de aluminiu sudate și presate radial pentru a realiza profilul crestăturii (fig. 3, a).

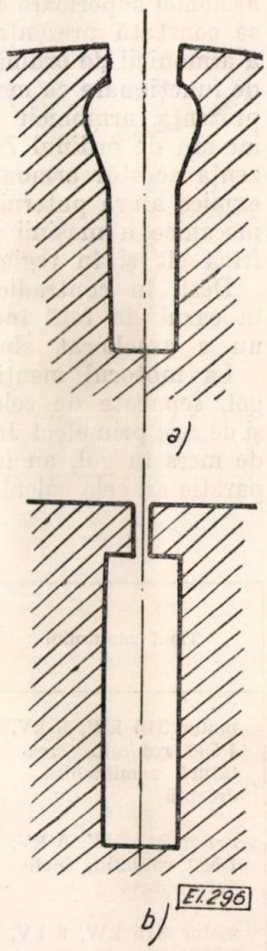


Fig. 3. Tipuri de crestături rotorice.

Caracteristica mecanică determinată experimental la motoarele asincrone trifazate, avînd crestături înclinate pe generatoare și colivie din aluminiu, prezintă abateri mari față de cea calculată pentru unda fundamentală. Abaterile sînt importante în domeniul alunecărilor $s > 1$ și $0{,}95 > s > 0{,}4$, iar pentru $s = 1$ și $s = s_k$ în general sînt practic neglijabile.

În fig. 4 este prezentată caracteristica $M = f(s)$ la un motor asincron trifazat cu crestătura rotorului în-

clinată pe generatoare cu un pas al crestăturii statorului. Parametrii motorului sînt :

$P_N = 315$ kW, $n_0 = 1\,500$ rot/min, $U = 6$ kV, $Z_1 = 48$, $Z_2 = 56$.

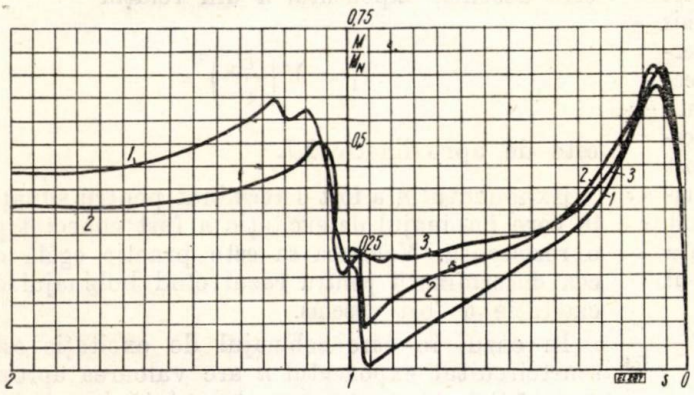


Fig. 4. Curbele de variație a cuplului în timpul pornirii la motorul asincron MUS 315 kW, 6 kV, 1 500 rot/min. Încercările s-au făcut la tensiunea de 3 kV :

1 — crestăturile rotorului înclinate cu un pas al crestăturii statorului; *2* — crestăturile rotorului înclinate cu 1/2 din pasul crestăturilor statorului; *3* — crestăturile rotorului drepte și de forma celor din figura 3 b.

Proba a fost efectuată la $U = 1/2\ U_N$. Din diagramă se observă că motorul, pentru $s = 0{,}93$, dezvoltă un cuplu foarte scăzut, ceea ce face să rămînă agățat la turații mici, iar pentru $s > 1$ cuplul dezvoltat este aproximativ dublul celui nominal. Se observă de asemenea prezența unor armonici superioare ale cuplului. În zona $2 > s > 1$ se constată prezența armonicii de ordinul 5 și a armonicii de ordinul 23 de dantură. În regimul de funcționare ca motor se constată de asemenea prezența armonicii de dantură de ordinul 25, iar cea de ordinul 7 este neglijabilă. Totuși prezența acestor armonici ale cuplului nu poate să explice alura puternic deformată a caracteristicii mecanice a mașinii respective, atît în regim de frînă cît și în regim de funcționare ca motor.

Deci, în contradicție cu indicațiile literaturii în cazul de față înclinarea crestăturii rotorice nu a ameliorat alura caracteristicii mecanice.

La motorul menționat pierderile la mers în gol, separate de cele mecanice și de ventilație și de cele prin efect Joule-Lenz datorită curentului de mers în gol, au fost excesiv de mari în comparație cu cele calculate (tabela 1). De asemenea, pierderile suplimentare în sarcină, determinate prin metoda contracurent, au fost de aproximativ două ori mai mari față de cele calculate.

Experiențele au fost continuate pe același motor avînd însă crestătura rotorului înclinată cu 1/2 din pasul crestăturii statorului. Reducerea înclinării s-a obținut prin rotirea pachetelor de tole rotorice. Caracteristica mecanică, determinată pentru această situație, este prezentată tot în fig. 4. Se observă o creștere importantă a cuplului dezvoltat de motor în zona $0{,}93 > s > 0{,}4$. Astfel, cuplul minim a crescut de la 0,06 M_N la 0,4 M_N, iar pierderile $P_o - P_{m+v} - P_{cuo}$ au scăzut la aproximativ 0,5 din valoarea anterioară (tabela 1), ceea ce a dus la mărirea randamentului.

Tabela 1

Tipul motorului	P_o, W	P_{m+v} W	$P_o - P_{m+v} - P_{cuo}$ W	
			experimental	calculat
motor 315 kW, 6 kV, 1 500 rot/min, crestătură semiînchisă dreaptă	26 200	16 000	9 295	8 000
motor 315 kW, 6 kV, 1 500 rot/min, înclinare redusă	31 500	18 400	12 700	8 000
motor 315 kW, 6 kV, 1 500 rot/min, bare înclinate	40 300	18 400	21 574	8 000

Cercetările experimentale au fost efectuate și pe alte motoare asincrone, cu colivie din aluminiu și crestătura înclinată. La acestea, înclinarea crestăturii rotorice a fost de 1/2 din pasul crestăturii statorului. Caracteristica mecanică a tuturor motoarelor a prezentat fără excepție o șa pronunțată, cuplul minim avînd valoarea, la majoritatea motoarelor aproximativ 0,5 M_N.

Pentru a se putea analiza comparativ influența înclinării față de generatoare a crestăturii rotorice, s-au efectuat încercări pe două motoare avînd aceleași caracteristici : $P = 250$ kW ; $U = 6$ kV ; $n_o = 1\,000$ rot/min ; $Z_1 = 54$; $Z_2 = 66$. Profilul și dimensiunile crestăturii rotorice au fost aceleași, precum și procesul tehnologic de realizare a coliviei. La unul din motoare crestătura rotorului a fost realizată înclinat cu 1/2 din pasul crestăturii statorului, iar la celălalt crestătura a fost dreaptă (tabela 2).

Așa cum s-a arătat, șaua este prezentă pe caracteristica mecanică a motorului cu crestături înclinate (fig. 5). La motorul care are crestături drepte, atît cuplul de pornire, cît și cel minim și maxim sînt mai mari decît la motorul cu crestături înclinate. De asemenea, caracteristica mecanică (fig. 5) nu prezintă șaua specifică mașinilor cu rotorul cu crestături înclinate. Ceilalți parametri determinați la cele două motoare sînt prezentați în tabela 2. Se observă aceeași diferență mare între valorile pierderilor la mers în gol și suplimentare în funcție de înclinarea crestăturii rotorului. Analiza comparativă și a celorlalți

parametri din tabela 2 arată superioritatea motorului cu crestătura rotorului dreaptă.

Tabela 2

Caracteristica	Unități de măsură	Motor cu colivie cu bare	
		drepte	înclinate
M_p	—	1,08	0,97
$M_{mi\,i}$	—	1,06	0,79
M_{max}	—	2,72	2,68
I_p	—	5,58	5,35
P_{fe}	kW	6,75	10,76
P_s	kW	1,26	2,475
η	—	0,9155	0,896
cos φ	—	0,84	0,835
s %	—	1,5	1,7
θ	°C	61,4 (la P_u=255 kW)	66,4 (la P_u=244 kW)

A fost studiată și o altă variantă constructivă de rotor cu colivie din aluminiu. La un motor avînd

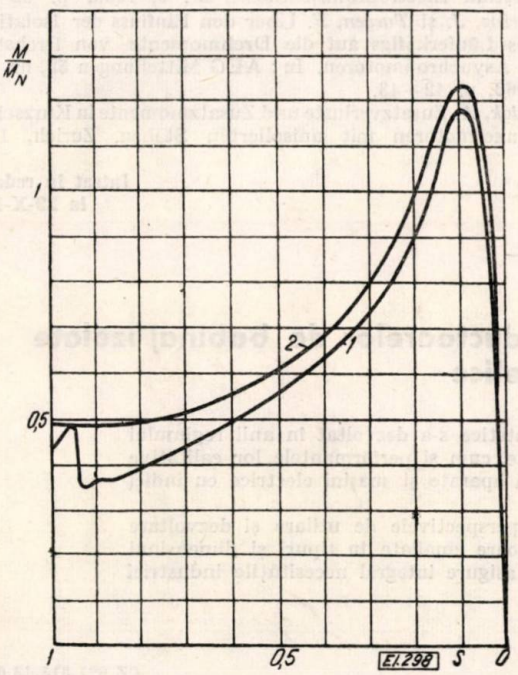


Fig. 5. Curbele de variație a cuplului în timpul pornirii la motorul asincron MAS 250 kW, 6 kV, 1 000 rot/min. Încercările s-au făcut la tensiunea de 3,5 kV:

1 — crestătura rotorului înclinată cu 1/2 din pasul crestăturilor statorului; *2* — crestăturile rotorului drepte.

parametrii: $P = 315$ kW; $n_o = 1\,500$ rot/min; $U = 6$ kV; $Z_1 = 48$; $Z_2 = 56$, s-a realizat rotorul cu crestătura semiînchisă (fig. 3, b) și dreaptă. Caracteristica mecanică (fig. 4, curba *3*) este mult superioară în comparație cu a rotorului cu crestătura înclinată la rotor. Aceasta prezintă un cuplu suplimentar de armonică *11*, însă amplitudinea sa este mică, ceea ce nu poate avea efect important asupra pornirii motorului. Pierderile la mers în gol (tab. 1) determinate la acest tip de motor sînt inferioare în comparație cu cele determinate la motorul cu crestătura înclinată pe generatoare.

Cercetări mai recente [6], [7], teoretice și experimentale, încearcă să explice abaterea importantă a caracteristicii mecanice la acest tip de motoare prin prezența unor curenți rotorici transversali, a căror mărime e determinată de valoarea rezistenței de trecere colivie-fier. Literatura de specialitate nu remarcă modificarea pierderilor de mers în gol la înclinarea crestăturii și nu corelează acest fenomen de cel al deformării curbei cuplului. Considerăm că analiza completă a fenomenului de deformare a caracteristicii mecanice impune luarea în considerare și a fenomenului amintit care apare la mers în gol.

Întrucît rezultatele ultimelor cercetări teoretice [1], [7] în acest domeniu se apropie foarte mult de rezultatele cercetărilor experimentale, este necesar ca metodica clasică de calcul al caracteristicii mecanice să fie completată pe baza acestor metodici.

O problemă importantă legată de determinarea cuplului este aceea a variației acestuia cu încălzirea circuitelor active. Experimental s-a studiat variația cuplului la $s = 1$ în funcție de încălzirea coliviei rotorului. Pentru aceasta a fost montat un termocuplu pe o bară a coliviei rotorului la 1/2 din lungimea sa și la 1/6 din înălțime, pornind de la exterior. La tensiunea de alimentare constantă s-a determinat cuplul pentru diverse valori ale încălzirii coliviei. Din diagramă (fig. 6) rezultă

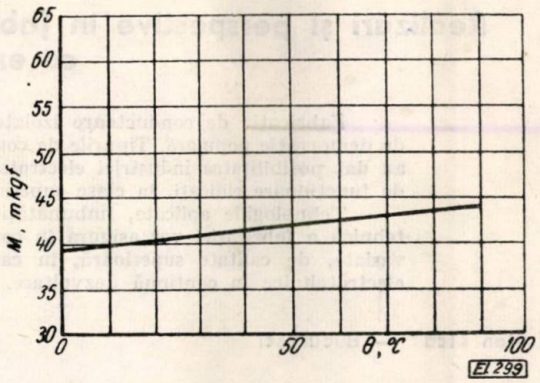


Fig. 6. Curba variației cuplului de pornire ($s = 1$), în funcție de încălzirea coliviei. Încercările s-au făcut la 2,4 kV.

că pentru o încălzire cu 10°C a coliviei rotorului, cuplul variază cu aproximativ 1,25%. În acest regim, din punct de vedere termic, motorul are solicitările maxime întrucît rotorul este calat. Variația cuplului cu încălzirea, la acest tip de motoare, este mică. Luînd măsurile corespunzătoare se poate determina caracteristica $M = f(s)$ cu eroare minimă prin metoda mai sus amintită.

III. Concluzii

Încercările efectuate la motoarele de construcție UEPC sincrone și asincrone cu colivie din aluminiu și crestăturile rotorului înclinate pe gene-

ratoare şi corect alese ca număr conduc la următoarele concluzii :

1. Caracteristica mecanică a motoarelor sincrone cu piese polare masive este puternic deformată datorită cuplului monoaxial.

2. Raportul dintre cuplul după axa longitudinală şi după axa transversală, pentru $s = 1$, la motoarele sincrone fără colivie, este aproximativ 1,36, iar la motoarele cu colivie practic unitar.

3. Recalcularea cuplului cu tensiunea la maşini sincrone se face după o lege exponenţială. Exponentul este mai mare ca 2 şi depinde de tipul de maşină.

4. Pierderile la mers în gol, separate de cele mecanice şi de ventilaţie şi de cele Joule-Lenz în bobinajul statoric, la motoarele asincrone cu colivie din aluminiu şi crestătura rotorului înclinată, sînt mari în comparaţie cu cele determinate la motoarele cu crestătura dreaptă, influenţînd sensibil randamentul şi încălzirea maşinii.

5. Pierderile suplimentare în sarcină pot fi uneori mai mari la motorul cu crestătura rotorului înclinată.

6. Caracteristica mecanică a motoarelor cu crestătura rotorului înclinată prezintă o şa pronunţată.

7. Prin îndreptarea crestăturii rotorice, la motoarele încercate, pierderile la mers în gol şi cele suplimentare în sarcină s-au micşorat, iar alura caracteristicii mecanice s-a îmbunătăţit.

8. Variaţia cuplului dezvoltat de motor la $s = 1$ în funcţie de încălzirea coliviei rotorului, este mică, şi anume aproximativ 0,125%/°C.

Bibliografie

[1] *Nicolaide, A.* şi *Drăgănescu, O.* Caracteristicile de pornire ale motoarelor sincrone cu poli aparenţi masivi. În : Electrotehnica **11**, nr. 6, 1963, p. 215—225.

[2] *Balian, R. H.* K rascetu massivnovo rotora. În : Electricestvo, nr. 6, 1955, p. 25—32.

[3] *Neiman, Z. B.* Maşinîe sinhronnîe elektrodvigateli s massivnîmi poliusami na rotore. În : Elektricestvo, nr. 6, 1957, p. 32—34.

[4] *Postnicov, I., Pavlov, V.* şi *Bertok, F.* Metodî rasceta parametrov, poverhnostnîh poteri i nagreva sinhronnîh i asinhronnîh masin s massivnîm rotorom. În : Vestnik Elektropromîşlennosti, nr. 6, 1958, p. 1—8.

[5] *Pik-Piciak, A. A.* K rascetu massivnovo rotora. În : Vestnik Electropromîşlennosti, nr. 6, 1959, p. 36—44.

[6] *Heinz, J.* şi *Taegen, F.* Über den Einfluss der Isolatioren des Läuferkäfigs auf die Drehmomente von Drehstrom — Asynchronmotoren. În : AEG Mitteilungen **52**, nr. 1/2, 1962, p. 42—43.

[7] *Odok, A.* Zusatzverluste und Zusatzmomente in Kurzschlussankermotoren mit unisolierten Stäben. Zurich, 1955.

Intrat în redacţie
la 29-X-1963

Realizări şi perspective în fabricaţia conductoarelor de bobinaj izolate cu emailuri sintetice

Fabricaţia de conductoare izolate cu emailuri sintetice s-a dezvoltat în anii regimului de democraţie populară. Tipurile de conductoare emailate, cum şi performanţele lor calitative au dat posibilitatea industriei electrotehnice să producă aparate şi maşini electrice cu indici de funcţionare ridicaţi, în clase superioare de izolaţie.

Tehnologiile aplicate, îmbunătăţirile acestora şi perspectivele de utilare şi dezvoltare tehnică a fabricaţiei vor asigura în continuare conductoare emailate în tipuri şi dimensiuni variate, de calitate superioară, în cantitate care să asigure integral necesităţile industriei electrotehnice în continuă dezvoltare.

Valerian Licâ* — Bucureşti

CZ 621.315.43.002.3

Un rol important în construcţiile electrotehnice îl au conductoarele de bobinaj — conductoare de cupru izolate — utilizate la înfăşurarea bobinajelor de transformatoare, rotoare, statoare, bobine etc.

O formă aparte a conductoarelor de bobinaj, a căror izolaţie este compusă dintr-un strat foarte subţire de email, o constituie conductoarele emailate.

Faţă de alte izolaţii, conductoarele emailate prezintă o creştere infimă a stratului de izolaţie care duce la un factor de umplere mare (cea mai mare parte din volumul bobinei este ocupată de cupru) (fig. 1). În plus, conductoarele emailate în comparaţie cu conductoarele înfăşurate, au o stabilitate termică superioară, conductibilitate termică mai mare, proprietăţi dielectrice ridicate şi rapiditate mai mare la punerea în lucru.

Cele mai vechi conductoare emailate aveau izolaţia compusă din uleiuri sicative şi răşini naturale, mai mult sau mai puţin modificate. Aceste conductoare reprezentau un progres faţă de conductoarele înfăşurate cu bumbac, hîrtie sau mătase, în ceea ce priveşte factorul de umplere, însă din păcate conductoarele trebuiau protejate prin fire textile atunci cînd erau supuse unor solicitări mecanice importante şi erau sensibile la majoritatea lacurilor de impregnare.

Totuşi, datorită excelentelor lor proprietăţi dielectrice, rezistenţei la umiditate, faptului că

* *V. Licâ* este şeful Serviciului tehnic II la Fabrica de cabluri şi materiale electroizolante.

nu sînt expuse fisurării la bobinare, și prețului de cost redus, ele se mai folosesc și astăzi în construcția bobinajelor cu spire ordonate din aparatele electrice și de telecomunicații, unde solicitările mecanice sînt foarte reduse.

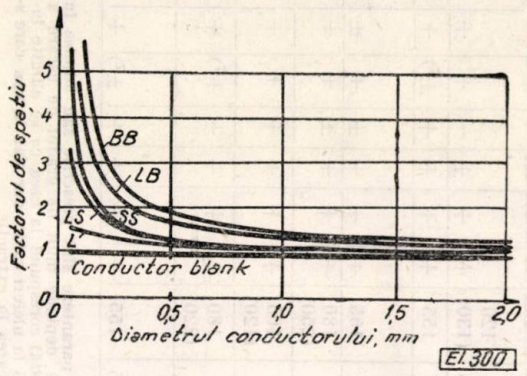


Fig. 1. Spațiul necesar pentru conductoare diferit izolate raportat la spațiul necesar pentru conductorul blank:

BB — conductor de cupru cu două înfășurări de bumbac; *LB* — conductor emailat cu o înfășurare de bumbac; *SS* — conductor de cupru cu două înfășurări de mătase; *LS* — conductor emailat cu o înfășurare de mătase; *L* — conductor emailat.

Progresele deosebite realizate în chimia materialelor sintetice, au condus la fabricarea conductoarelor cu emailuri pe bază de rășini sintetice.

Rezistența lor mult mai mare la solicitări mecanice, inerția emailului la solvenții lacurilor de impregnare, stabilitatea termică ridicată au permis constructorilor să aplice procedee complet diferite în ceea ce privește prelucrarea (bobinare rapidă, noi procedee de impregnare) și posibilitatea de a construi mașini și aparate electrice cu indici superiori de funcționare.

Printr-o alegere potrivită a rășinilor sintetice se poate realiza o varietate de conductoare emailate cu proprietăți specifice.

În tabela 1 se indică tipurile principale de conductoare emailate care se produc în tehnica mondială și proprietățile acestora. Cele mai utilizate sînt conductoarele izolate cu acetalpolivinilic și poliester tereftalic. Celelalte tipuri, unele sînt utilizate în măsură mai mică, iar altele prezintă încă dificultăți tehnice și economice la utilizare și funcționare.

Situația fabricației la noi în țară

La noi în țară, fabricația conductoarelor emailate a început după anul 1944, în cadrul Fabricii de cabluri și materiale electroizolante. Primele conductoare fabricate, izolate cu email oleorășinos, pe bază de ulei de tung și ulei de in, au fost treptat înlocuite începînd cu anul 1957, cînd pentru emailarea conductoarelor s-a folosit emailul poliamidic (pe bază de policaprolactamă în care s-a încorporat o anumită cantitate de rășină fenol-formaldehidică) fabricat la FCME.

Din anul 1959 se mai utilizează la izolarea conductoarelor emailul tereftalic — Terebek F-45 —de fabricație germană, iar din anul 1961, emailul poliuretanic de fabricație franceză.

În anul 1963 au fost asimilate conductoarele izolate cu email poliamidic modificat cu compound poliuretanic și conductoarele cu email de bază tereftalic sau poliuretanic, acoperite cu un strat termoplastic.

În prezent, ponderea în fabricație o constituie conductoarele izolate cu email tereftalic, care asigură în cea mai mare parte necesitățile industriei noastre de astfel de conductoare.

Dezvoltarea fabricației de conductoare emailate în țara noastră a permis constructorilor să producă mașini electrice noi pentru clase superioare de izolație, cum sînt: seria nouă de motoare asincrone cu puteri de la 0,6 la 100 kW pentru clasele E și B de izolație cu înfășurări din conductoare emailate, seria nouă de motoare asincrone cu puteri de la 100 la 1 000 kW pentru clasele B și F de izolație cu înfășurări din conductoare emailate și conductoare izolate cu fire de sticlă etc.

Astăzi, din cantitatea totală de conductoare de bobinaj izolate cu bumbac, mătase, emailuri sintetice fabricate la FCME, peste 75% o reprezintă conductoarele emailate. Această proporție reflectă utilizarea largă pe care au luat-o conductoarele emailate în construcția de mașini, transformatoare și aparate electrice din țara noastră și înlocuirea din ce în ce mai mare a conductoarelor înfășurate cu conductoare emailate.

Tipuri de conductoare emailate asimilate în fabricație

Asimilarea și fabricarea de conductoare emailate în diverse tipuri cu proprietăți specifice într-o gamă largă de diametre de calitate corespunzătoare necesităților au constituit preocuparea de bază a fabricii.

În prezent se produc următoarele tipuri de conductoare emailate:

a) *conductoare rotunde din cupru izolate cu email poliamidic*, tip EP, în gama de diametre 0,4—2,4 mm. Aceste conductoare au proprietăți mecanice ridicate, suprafață netedă și alunecoasă, rezistență bună la solvenți și mulți agenți chimici, proprietăți dielectrice mediocre și rezistență slabă la apă și umiditate. Emailul nu se fisurează în contact cu lichidele, mai ales cu solvenții. În general, utilizarea acestor conductoare este restrînsă din cauza defectelor amintite. Principalele aplicații sînt micile bobinaje menținute permanent la adăpost de umiditate, deoarece coeficientul de frecare foarte mic al emailului permite efectuarea bobinajului la viteze foarte mari. Cîte odată sînt utilizate în transformatoare mici cufundate în compound, în bobinele inductoare și releurile destinate a funcționa în locuri uscate și atunci cînd bobinajele riscă să vină în contact cu solvenți polari. Printr-o impregnare într-un lac care să le protejeze la umiditate și să le asigure o rezistență termică mai mare, cum este lacul C 51-M (ALM) fabricat la FCME, aceste conduc-

Tabela 1

Proprietățile principalelor tipuri de conductoare emailate din tehnica mondială

Compoziția emailului	Proprietăți fizice și chimice																						
	Proprietăți dielectrice							Proprietăți mecanice		Comportarea la cald			Comportarea chimică									Diverse	
	Tensiunea de străpungere V/50μ 1)		Rezistența de izolație, Ω . cm			Factorul de pierderi tg δ la 60 Hz și 25°C 2)	Constanta dielectrică ε_r a emailului la 25°C						Rezistența la solvenți 6)				Rezistența continuă la ulei cald de transformator	Rezistența continuă la dielectrici cu clor	Rezistența la freoni 8)		Rezistența la hidroliză în prezența apei		
	În stare de livrare	După o expunere prelungită la 100% umiditate relativă, temperatura 40°C	la 25°C	la 100°C	la 200°C			Flexibilitatea pe dorn (xd) 3)	Rezistența la abraziune după NEMA	Temperatura de strivire la o greutate dată	Rezistența la șoc termic (xd) 4)	Temperatura maximă de lucru recomandată de CEI, °C (bobine impregnate) 5)	Hidrocarburi alifatice (esențe pt. lacuri etc.)	Hidrocarburi aromatice (toluol, solvent Naphta etc.)	Alcool etilic	Tricloretilenă			Freon 12	Freon 22		Rezistența la fisurare în prezența lichidelor	Decapajul în bale de cositor
lacuri oleo-rășinoase	2 000—5 000	1 500—4 000	10^{12}	10^{12}		0,020		2—4	0—10	160—220	4—5	105	+	—	—	—	±	—	—	—	+	+	—
rășină ureo-formaldehidică + rășină fenolică plastifiată	2 000—5 000	1 500—3 000	10^{11}	10^{11}	10^{8}	0,020		1—3	20—30	220—280	2—3	105	+	—	—	—	+	—	±	—	±	+	—
acetal polivinilic + rășină fenolică	3 000—6 000	1 500—4 000	10^{12}	10^{12}	10^{10}	0,030	3,8	1	70—150	200—250	<1—1,2	120 (105)	+	+	±	±	+	±	+	—	+	—	—
poliamidă + rășină fenolică + eventual rășină alchidică etc.	3 000—4 000	200—1 000	10^{11}	10^{11}	10^{9}	0,120	7,7	1	25—70	200—220	<1	105	+	+	±	+	+	+	+	±	—	+	+
rășină epoxidică, eventual modificată	3 000—7 000	2 000—5 000	10^{12}	10^{12}	10^{7}	0,003	2,7	1	40—50	200—260	<1—1,5	120 (130)	+	+	±	—	+	+	+	±	+	—	—
poliuretani la care se adaugă deseori alte rășini	3 000—7 000	2 000—5 000	10^{12}	10^{12}	10^{10}	0,007	3,3	1	35—120	200—250	<1—2,5	120 (130)	+	+	±	—	+	+	+	±	+	—	+
poliesteri tereftalici	5 000—7 000	2 000—5 000	10^{12}	10^{12}	10^{8}	0,003	3,2	1	35—120	260—300	3—4	155	+	+	+	+	±[7]	+	+	+	±	—	—
rășini siliconice modificate cu poliesteri tereftalici	3 000—5 000	3 000—4 000				0,008		1	35—120	260—300	3—4	155	+	+	+	±	+	±	+	±	±	—	—
politetrafluoretilenă (teflon)	3 000—5 000	1 500—3 000				0,001	2,6	1	15—30	joasă 9)	1	180 (250)	+	+	+	±	+	+	+	+	+	±[7]	—
rășini acrilice	3 000—5 000	2 000—4 000	10^{11}	10^{10}	10^{7}	0,040		1	40—100	260—300	1	105 (120)	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—
poliimide	3 000—7 000	2 000—5 000	10^{12}	10^{12}	10^{11}	0,008	3,9	1	20—60	400—450	1	180 (220)	+	+	+	+	+[7]	+	+	+	+	—	—
poliesteri tereftalici reticulari și acoperiți cu poliesteri liniari	4 000—8 000	3 000—6 000	10^{12}	10^{12}	10^{8}	0,008	4,0	1	60—100	260—300	1—1,5	155	+	+	+	+	±[7]	+	+	+	±	—	—

1) Această unitate puțin uzuală a fost aleasă ca fiind o grosime care se apropie de aceea emailului.
2) Depinde mult de gradul de uscare a emailului.
3) Sîrma este alungită cu 20%, apoi se încearcă pe ce diametru se poate înrola fără ca să crape.
4. Diametrul pe care sîrma poate fi înrolată fără a prezenta fisuri dacă o încălzim la 175°C timp de 1 oră.
5) Temperaturile dintre paranteze sînt prescrise sau admise în unele țări.
6) Rezistența la solvenți depinde mult de gradul de uscare a emailului. Calificativele alese (+ rezistentă; — nu rezistă) corespund la ceea ce se admite în genere.
7) Aceste emailuri rezistă la uleiuri calde, dar slab la apa care s-ar afla în ele.
8) Exprimate prin încercarea la extracție.
9) Plastică la 20°C.

toare pot fi utilizate și în construcția bobinajelor de mașini electrice pînă la 120°C temperatură de regim;

b) *conductoare rotunde și dreptunghiulare din cupru izolate cu email tereftalic*, tipuri ET și PET, în gama de diametre 0,12—3 mm (pentru conductoare rotunde) și secțiuni pînă la 10 mm² (pentru conductoare dreptunghiulare). Aceste conductoare se caracterizează printr-o rezistență termică superioară, inerție mare la solvenții lacurilor de impregnare și proprietăți dielectrice ridicate. Absorbția de umiditate este foarte mică, astfel că emailul își păstrează proprietățile în mediu umed. Rigiditatea dielectrică variază puțin în funcție de temperatură. Emailul tereftalic prezintă bune proprietăți mecanice și rezistă bine la turtirea la cald. Rezistența la șoc termic nu este atît de bună ca la celelalte conductoare emailate. Aceste conductoare emailate sînt utilizate mai ales la motoare și transformatoare de clasă B și F de izolație. Rezistența bună la Freon 12 și 22 le deschide calea spre aplicare în domeniul blocurilor ermetice ale mașinilor frigorifice;

c) *conductoare rotunde din cupru izolate cu email poliuretanic*, tip EU, în gama de diametre 0,15—1 mm. Aceste conductoare au proprietăți dielectrice ridicate, asemănătoare cu ale emailurilor oleo-rășinoase, în plus au avantajul a fi mult mai rigide și mai puțin sensibile la solvenții lacurilor de impregnare. Rezistența la abraziune, flexibilitatea și duritatea peliculei de email sînt bune. Rezistența la șoc termic este în general bună. Poliuretanii se descompun la temperatură ridicată. Este indicat de a nu supune continuu aceste conductoare la o temperatură mai mare de 120°C, sau accidental mai mare de 150°C. Caracteristica specifică a poliuretanilor este proprietatea de a se topi și descompune peste 220°C, dînd naștere unor produse volatile cu greutate moleculară mică. Această proprietate permite a suda direct conductoarele, fără a se îndepărta stratul de email. Din această cauză conductoarele izolate cu email poliuretanic se numesc conductoare sudabile sau autosudabile. Conductoarele sudabile, în special cele subțiri, sînt mult apreciate în electrotehnică, pentru că îndepărtarea peliculei de email se poate face cu ușurință. Este suficient a le cufunda 3—5 secunde într-o baie de cositor la temperatura de 360—370°C. Ele găsesc multe aplicații în bobinaje de frecvențe înalte și joase, în telecomunicații, în aparataj și motoare mici;

d) *conductoare rotunde din cupru izolate cu email poliamidic modificat cu compound poliuretanic*, tip EPU, în gama de diametre 0,4—2 mm. Prin modificarea emailului poliamidic cu compound poliuretanic au fost îmbunătățite stabilitatea termică și rezistența la umiditate a conductoarelor emailate cu email poliamidic. Aceste conductoare au proprietăți dielectrice bune, corespunzătoare chiar în mediu umed, proprietăți mecanice ridicate, inerție față de solvenții lacurilor de impregnare, rezistă bine la șoc termic și au o stabilitate termică care ajunge pînă la temperaturi de regim în funcționare de 130°C. Sînt utilizate în construcția mașinilor electrice pînă la clasa de izolație B;

e) *conductoare rotunde din cupru izolate cu email sintetic și acoperite cu un strat termoplastic*, tip EUL (email de bază poliuretanic) și ETL (email de bază tereftalic), în gama de diametre de 0,15—0,45 mm. Aceste conductoare permit lipirea spirelor între ele, realizabilă printr-o încălzire de scurtă durată la 125°C sau prin cufundare într-un solvent adecvat și apoi uscare în cuptor. În general sînt utilizate la confecționarea bobinelor fără suport sau a bobinelor complicate, și anume: la bobinajele care nu ating temperaturi ridicate și nu pot fi impregnate în profunzime după procedeele normale, dar care trebuie fixate cu grijă pentru a fi asigurată o lipire solidă, la bobine de inducție care nu lucrează la mare umiditate etc.

Conductoarele tip EUL, avînd email de bază poliuretanic, sînt conductoare sudabile.

Tehnologii aplicate

Cele două materii prime principale: conductorul de cupru și lacul de emailare, care intră în constituția conductoarelor de cupru emailate, suferă o serie de prelucrări singure sau împreună, pentru a se obține un conductor emailat cu proprietăți corespunzătoare la utilizare.

Calitatea conductorului emailat depinde mult de calitatea suprafeței conductorului blank în ceea ce privește aspectul și acurateța suprafeței. Rugozitățile, așchiile, rizurile influențează mai ales proprietățile dielectrice, iar impuritățile chimice, oxidarea suprafeței, impuritățile mecanice reduc considerabil adezivitatea stratului de email pe conductor.

Cuprul utilizat este de calitate Cu E (cupru electrolitic) — caracterizat conform STAS 4130-53. El este aprovizionat la un diametru de 6 sau 8 mm, sub formă de colaci.

Trefilarea la dimensiunile necesare se execută pe mașini de trefilare, cele mai multe dintre ele de construcție modernă.

Trefiloarele moderne asigură recoacerea conductorului pentru obținerea gradului de ecruisare moale, în flux continuu, iar în cazul trefiloarelor normale recoacerea se execută discontinuu în cuptoare speciale.

Pentru gama de diametre 0,12—0,55, care ulterior se izolează cu email tereftalic, conductoarele de cupru nu sînt recoapte după trefilare, deoarece în procesul de emailare ele capătă gradul de ecruisare moale.

Trefilarea se execută în trepte pînă la diametrul necesar, la ultimele trepte de trefilare, folosindu-se filiere de diamant pentru a asigura toleranțe strînse la diametru și o suprafață de calitate superioară.

Lacurile de emailare, indicate în tabela 2, în stare de livrare, sînt soluţii de răşini sintetice într-un solvent adecvat, cu conţinutul în substanţe solide cuprins între 15 şi 40%.

Tabela 2

Lacurile de emailare utilizate

Lacul de emailare	Tipul de conductor emailat la care se utilizează
Poliamidic	EP
Terebeck FE 32	ET
Terebeck F 35	ET
Terebeck F 45	ET
Rutenal V 13 491	EU
Compound II poliuretan pentru modificarea lacului poliamidic	EPU
Thermosetting 873 (pentru acoperire termoplastică)	ETL EUL

Lacul poliamidic se utilizează la emailarea conductoarelor cu diametrul mai mare de 0,4 mm. Emailarea diametrelor mai mici de 0,4 mm nu a fost posibilă din cauza concentraţiei reduse a lacului pentru viscozităţile necesare emailării acestor diametre.

Acelaşi lucru se poate spune despre lacul poliamidic modificat cu compound poliuretanic, care prezintă aceleaşi particularităţi.

Emailarea cu lac tereftalic, care are un conţinut mai mare de substanţe solide la viscozităţi mici, este posibilă şi la diametre mici ale conductorului. În acest caz emailarea se face prin dispozitive de ştergere cu pîslă pentru diametre ale conductorului cuprinse între 0,10 şi 0,40 mm şi chiar pînă la 0,55 mm.

Lacul poliuretanic se poate dilua corespunzător pentru utilizare la emailarea conductoarelor cu diametre începînd de la 0,10 mm.

În tabela 3 sînt arătate viscozităţile şi concentraţiile lacurilor pregătite pentru emailare.

Procedeul uzual pentru emailarea conductoarelor de cupru constă în aplicarea mai multor straturi de email cu ajutorul maşinilor de emailare orizontale sau verticale, fiecare strat de email fiind uscat şi polimerizat în cuptoarele maşinilor la temperatură înaltă într-un interval de timp scurt, înainte de aplicarea următorului strat.

Dispozitivele de înrolare şi derulare permit trecerea succesivă a conductorului, fără ca el să fie întins prea tare. Cu ajutorul sistemelor de ştergere cu pîslă sau calibre (filiere) se obţin grosimea şi concentricitatea stratului de email în jurul conductorului. Înainte de a aplica primul strat de email, conductorul este supus degresării cu degresanţi adecvaţi, pentru a fi eliminate grăsimile şi impurităţile de pe suprafaţa conductorului.

În operaţia de coacere a emailului, solventul este mai întîi evaporat, apoi răşina cu greutate moleculară mică este transformată într-o peliculă cu greutate moleculară mare, care conferă conductorului emailat proprietăţile necesare.

Calitatea conductorului emailat depinde în mare măsură de condiţiile de emailare şi coacere.

Parametrii principali care intervin în procesul de emailare sînt : temperatura de coacere; viteza de trecere a conductorului prin cuptor; tirajul amestecului aer-vapori de solvent; forma curbei de temperaturi a cuptorului de emailare.

Cercetările noastre au fost orientate spre determinarea unor parametri îmbunătăţiţi de funcţionare şi realizările obţinute au depins în mare măsură de utilajele avute la dispoziţie. Cu toate acestea s-au stabilit procese de emailare corespunzătoare prin îmbunătăţirea funcţionării unor maşini mai vechi prin autoutilarea şi utilarea cu noi maşini, pentru anumite game de diametre şi prin

Tabela 3

Caracteristicile lacurilor pregătite pentru emailare

Caracteristici \ Lacuri de emailare	Terebeck FE 32	Terebeck F 35	Terebeck F 45			Poliamidic	Poliamidic + compound poliuretanic (3 : 2)	Rutenal v 13491
Conţinut de substanţe solide %	32 ± 1	35 ± 1	45 ± 1			30 ± 5	~ 36	37 ± 1,5
Se diluează la ... s (cupa vz-4 la 20°C)	Nu se diluează	Nu se diluează	20–23	35	100	Nu se diluează	360–240	60–150
Conţinut de substanţe solide după diluare, %			26	29	34		~ 26	30–32
Gama de diametre la care se utilizează, mm	0,6–3	0,6–3	0,10–0,30	0,30–0,55	0,6–3	0,4–2,4	0,4–2,4	0,15–1

Tabela 4

Maşinile de emailare utilizate în fabricaţie

Denumirea maşinii	Tipul de maşină	Numărul total de căi de emailare	Tipul de cuptoare	Numărul de cuptoare	Înălţimea cuptorului, m	Modul de încălzire	Sensul tirajului	Tipuri de conductoare emailate care se fabrică curent	Gama de dimensiuni fabricate curent
M 24	verticală	12	multifilar	1	1,3	directă	echicurent	ET	0,10—0,30
S 24	verticală	12	multifilar	1	2,4	directă	echicurent	ET	0,30—0,55
AZ II C	orizontală	8	unifilar	8	1,9	directă	echicurent	EU	0,10—0,25
PZ IV B	verticală	8	unifilar	8	4	directă	echicurent	EP ET EPU EU	0,40—0,90 0,40—0,90 0,40—0,90 0,40—1,00
506	verticală	9	unifilar	9	3,1	directă	echicurent	EP ET EPU EU	0,40—0,75 0,40—0,75 0,40—0,75 0,40—0,75
Gigant I	verticală	12	multifilar	1	6	directă	echicurent	EP ET EPU	1,65—1,25 1,65—1,25 1,65—1,25
Gigant II	verticală	24	unifilar	24	5	directă	echicurent	EP ET EPU	1,15—2,4 1,15—3 1,15—2
Gigant III	verticală	34	unifilar (14 cuptoare) bifilar (10 cuptoare)	24	4	directă	echicurent	EP ET EPU	0,80—1,50 0,80—1,50 0,80—1,50

îmbunătăţirea procedeului de emailare privind sistemele de ştergere, stabilirea viscozităţilor optime ale lacurilor de emailare, stabilirea unor curbe de temperaturi convenabile etc.

Temperaturile de coacere stabilite convenţional pe tipuri de conductoare emailate sînt: conductoare EP 350—410°C; conductoare EPU 360—410°C; conductoare EU 360—400°C; conductoare ET 410—460°C.

În prezent, în procesul de emailare se folosesc o serie de maşini de emailare (tabela 4) în funcţie de tipul şi diametrele conductorului emailat.

Prin încercări repetate au fost stabilite numărul de treceri, vitezele de emailare, sistemele de reglare a peliculei etc., care sînt arătate în tabela 5 pentru cîteva diametre de conductoare izolate cu email tereftalic.

În cazul conductoarelor emailate tip EP şi EPU, vitezele de emailare sînt mai mari, astfel la maşina Gigant III pentru diametrul de conductor 1,20 mm viteza de emailare este de 6,5 m/min.

Din cauza lipsei unei maşini adecvate, conductoarele dreptunghiulare PET se produc în cantităţi şi secţiuni reduse pe un cuptor al maşinii Gigant II, transformat în acest scop.

În ceea ce priveşte regimul termic de emailare, datorită construcţiei actuale a maşinilor de emai-

Tabela 5

Parametrii tehnologici stabiliţi la emailarea conductoarelor ET

Denumirea maşinii	Diametrul conductorului, mm	Viteza de emailare, m/min	Capacitatea, kg/h	Consum de energie electrică pentru încălzire kWh/kg	Modul de reglare a peliculei	Număr de treceri
M 24	0,10	13,5	0,73	16	pîslă	6
	0,20	13,2	2,79	3,7	pîslă	6
	0,25	12,7	4,29	2,5	pîslă	6
S 24	0,30	13,1	6,76	2,6	pîslă	6
	0,40	11,9	9,92	1,8	pîslă	6
	0,55	10,4	16,2	1,1	pîslă	6
PZ IV B	0,40	7,3	4	6	filiere	5
	0,60	7,3	9	2,6	filiere	5
	0,95	3,7	11,4	2,1	filiere	5
506	0,40	3,7	2,3	4,1	filiere	5
	0,60	3,7	5,2	1,8	filiere	5
	0,75	3,7	8,1	1,2	filiere	5
Gigant I	0,70	8,2	22,3	2,2	filiere	5
	1,00	7	36	1,4	filiere	6
Gigant II	1,15	7,4	110,7	2,2	3 pîslă + restul filiere	7
	2,00	5,4	221,3	1,1		9
	3,00	3,2	293,3	0,8		10
Gigant III	0,80	5,3	49,5	3,4	3 pîslă + restul filiere	6
	1,20	4	84,2	2,0		7
	1,60	3,7	122,4	1,4		8

lat, nu s-au putut obține cele mai raționale curbe de temperatură.

După operația de emailare, conductoarele emailate sînt supuse în cea mai mare parte, în funcție de capacitatea existentă, la operația de rebobinare, care asigură o înfășurare uniformă și strînsă a conductoarelor emailate, pe mosoare.

În ultimul timp au fost puse în funcțiune mașini noi de rebobinare, construite în atelierele fabricii. Capacitatea de producție a unei asemenea mașini este de 56 kg/oră pentru conductoare cu diametrul 0,4 mm și de 430 kg/oră pentru diametrul de 2 mm.

Îmbunătățirea și modernizarea tehnologiilor de fabricație

În această privință preocuparea principală a fost de a îmbunătăți regimul termic de emailare, de a adapta și moderniza mașinile existente, de a stabili curbe de temperaturi raționale care să ducă la o calitate superioară și omogenă a fabricației.

La cuptoarele mașinilor existente construite pe principiul echicurentului (tirajul amestecului aer-vapori de solvent și drumul parcurs de conductor au același sens), potențialul de uscare (eliminarea solventului din pelicula de email) se micșorează spre ieșirea conductorului din cuptor, scăzînd în mod corespunzător și viteza de uscare. De aici, limitarea posibilității de a reduce cît mai mult conținutul de solvent în pelicula de email și favorizarea în zona de coacere a unei „coaceri în suc propriu", situație care influențează negativ calitatea conductorului emailat.

Avînd la bază aceste constatări, s-a experimentat pe un cuptor al mașinii Gigant II emailarea conductorului în contracurent. În acest caz potențialul de uscare se repartizează uniform pe toată înălțimea cuptorului, permițînd o eliminare avansată a solventului din pelicula de email și o coacere corespunzătoare. Tot la acest cuptor s-a îmbunătățit schema de încălzire, prin repartiția uniformă a încălzirii pe înălțimea cuptorului și montarea de rezistențe pentru încălzire chiar pe ultimul tronson al cuptorului.

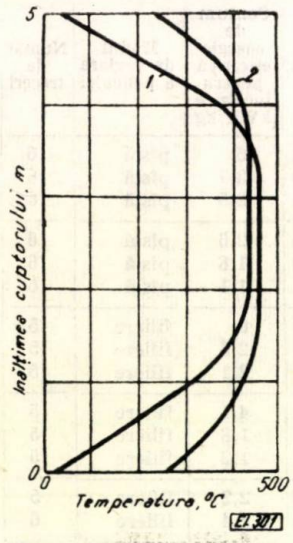


Fig. 2. Curbele de temperaturi în cuptorul mașinii Gigant II cu funcționare îmbunătățită:
1 — temperaturile agentului de uscare; *2* — temperaturile aproximative ale peliculelor de email

Curba de temperaturi, stabilită convențional indicată în figura *2*, este mult mai eficace și rațională, în special în cazul emailări cu lac tereftalic, unde este necesară o coacere mai avansată obținută pe o zonă mai mare din înălțimea cuptorului. Eficacitatea acestei modificări constructive este arătată în tabela 6.

Tabela 6

Parametrii tehnologici stabiliți la emailarea conductoarelor ET pe mașina Gigant II (cuptorul cu funcționare îmbunătățită)

Diametrul conductorului, mm	Viteza de emailare, m/min	Capacitatea, kg/h	Consumul de energie electrică pentru încălzire, kWh/kg
1,15	11,1	166	1,7
2,00	8,1	330	0,9
3,00	4,8	440	0,6

În plus, calitatea conductorului emailat în timpul fabricației este mai omogenă, iar pelicula de email este strălucitoare (lipsită de solvent).

Pe baza rezultatelor obținute, s-a trecut la extinderea soluției experimentate, pe toate cuptoarele mașinii Gigant II. Această lucrare este în curs de execuție, și după intrarea în funcțiune se va putea definitiva oportunitatea aplicării și la alte mașini.

Alte îmbunătățiri ale tehnologiilor de fabricație în curs de execuție sînt: utilizarea intensivă a puterii de încălzire a mașinilor de emailare tip M și S, pentru obținerea unei coaceri avansate a conductoarelor emailate și a unei productivități mărite; mecanizarea pregătirii, transportului și alimentării cu lacuri a mașinilor de emailare. Această lucrare, pe lîngă îmbunătățirea condițiilor de muncă, va avea efecte pozitive în ceea ce privește omogenitatea și acuratețea lacurilor de emailare; utilizarea de calibre în locul sistemului de ștergere cu pîslă la emailarea conductoarelor dreptunghiulare, care să permită o reglare corespunzătoare a grosimii peliculei de email; utilizarea de mosoare din mase plastice pentru ambalarea unor game de diametre. Față de mosoarele din lemn, cele din mase plastice nu prezintă variații dimensionale în timp, menținînd uniformitatea înfășurării conductoarelor pe mosoare; extinderea preluării conductorului blank din tambure tipizate în loc de colaci. În acest fel se elimină deficiențele derulării din colaci, și anume ruperi și încurcări de conductoare în timpul emailării.

Proprietățile conductoarelor emailate

Pentru a corespunde la utilizare și exploatare, conductoarele emailate trebuie să aibă anumite proprietăți, și anume: să nu fisureze la bobinare, să reziste la frecare prin trecerea peste dispozitivele de bobinare, să fie flexibile la formarea bobinelor, să fie inerte față de lacurile de impregnare, să fie rezistente la temperatura de funcționare, să prezinte proprietățile dielectrice necesare etc.

În scopul caracterizării complexe a calităţii conductoarelor emailate, în afară de încercările indicate de normele interne în vigoare s-au mai efectuat o serie de încercări, ale căror rezultate vor fi arătate în cele ce urmează.

a) *Proprietăţile mecanice* reflectă calitatea peliculei de email în ceea ce priveşte flexibilitatea şi duritatea peliculei de email în condiţii normale. Din *tabela 7* se observă că toate conductoarele fabricate au o flexibilitate superioară.

Duritatea (rezistenţa la abraziune) conductoarelor ET şi EPU are valori ridicate, iar a celorlalte conductoare este mai mică, însă suficientă pentru utilizări.

b) *Proprietăţile termice* dau indicaţii privitoare la flexibilitatea peliculei de email după diverse condiţionări termice.

Din *tabela 8*, se vede o rezistenţă la şocul termic foarte bună pentru conductoarele EP şi EPU şi mai slabă pentru conductoarele ET. Acest lucru apare normal, ştiindu-se că emailul tereftalic rezistă mai puţin la şocul termic, însă are o flexibilitate bună după îmbătrînire.

Se remarcă proprietatea de sudabilitate la temperatura de 360—370°C a conductoarelor EU şi EUL.

c) *Proprietăţi dielectrice* (*tabela 9*). Conductoarele ET au o tensiune de străpungere mare atît în condiţii normale, cît şi după menţinerea în apă. Conductoarele EP, cu toate că au o tensiune de străpungere bună în condiţii normale, după cufundare în apă aceasta este necorespunzătoare. Se observă îmbunătăţirea pe care o prezintă conductoarele EPU după cufundare în apă, faţă de conductoarele EP.

Tabela 9 indică rezistenţa de izolaţie şi tangenta unghiului de pierderi dielectrice pentru conductoarele EU, ETL şi EUL, folosite şi în instalaţii de frecvenţe înalte.

d) *Proprietăţile chimice* (*tabela 10*) se referă la rezistenţa peliculei de email la acţiunea solvenţilor uzuali şi a lacurilor de impregnare C 51-M (ALM) şi C 1-52, produse la FCME. Cea mai bună rezistenţă la solvenţi o au conductoarele ET. Celelalte tipuri de conductoare au rezistenţă bună la acţiunea solvenţilor aromatici şi alifatici şi a lacurilor de impregnare, însă sînt atacate în anumită măsură de alcool şi acetonă.

e) *Rezistenţa la climat tropical.* Au fost efectuate în cadrul laboratorului central al fabricii încercări de rezistenţă în climat tropical umed TH, asupra conductoarelor ET, EU şi EP. Pe bobine cilindrice s-a măsurat rezistenţa de izolaţie iniţial şi periodic, durata tratamentului fiind de 56 cicluri (1 ciclu = 24 ore) în următoarele condiţii:

— temperatura maximă $40 \pm 2°C$;
— temperatura minimă $25 \pm 2°C$;
— umiditatea relativă 98%.

Rezultatele obţinute sînt arătate în figura 3.

Cum era de aşteptat, faţă de conductoarele ET şi EU, care rezistă bine în climat tropical, conductoarele EP au rezistenţă redusă în acest climat. După 2—3 cicluri, valoarea rezistenţei de izolaţie a conductoarelor EP scade la valori de 10^8 în timp ce la conductoarele ET şi EU

Tabela 7

Proprietăţile mecanice ale conductoarelor emailate

Caracteristici tehnice	Unitatea de măsură	Tipuri de conductoare emailate											
		EP			EPU		EU		ET			EUL, ETL	
aspect		strălucitor											
culoarea		galben auriu			galben brun		incolor sau colorat roşu		brun			verde	
diametrul nominal al conductorului	mm	0,4	1,0	2,0	0,8	1,5	0,25	0,6	0,4	1,0	2,0	0,15	0,45
grosimea stratului de email (D − d)	mm	0,04	0,06	0,08	0,04	0,07	0,02	0,05	0,04	0,06	0,08	0,03	0,05
flexibilitatea peliculei de email (cînd pelicula nu crapă):													
a) după alungire pînă la rupere		bună			bună		bună		bună			bună	
b) prin înfăşurare pe dorn (xd):													
— înainte de alungire	mm	1			1		1		1			1	
— după alungire 25%	mm	1			1		1		1			—	
— după alungire pînă la rupere	mm	1			1		1		1			—	
rezistenţa la abraziune cu ac de oţel cu ⌀ 0,6 mm	curse duble	60	73	84	925	925	70	200	310	>600	>1300	—	—

Tabela 8

Proprietăţile termice ale conductoarelor emailate

Caracteristici tehnice	Unitatea de măsură	Tipurile conductoarelor emailate										
		EP			EPU		EU	ET			EUL, ETL	
diametrul nominal al conductorului	mm	0,4	1,0	2,0	0,8	1,5	0,6	0,4	1,0	2,0	0,15	0,45
rezistenţa la şocul termic timp de 1 oră la temperaturile	°C	140			150		140	150			—	—
înfăşurare pe dorn (xd) (cînd pelicula nu crapă)	mm											
— în stare nealungită		1	1	1	1	1	2	3	4	4	—	—
— după alungire 25%		1	1	1	1	1	4	6,5	7	12	—	—
— după alungire pînă la rupere		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	—	—	—	—	—	—
rezistenţa la îmbătrînire termică după 24 ore la temperaturile	°C	140			150		140	150				
înfăşurare pe dorn (xd) (cînd pelicula nu crapă)	mm	3	2	2	1	1	1	1	1	1	—	—
sudabilitate la 360—370°C	s	—	—	—	—	—	3—5	—	—	—	Tip EUL 6—7	

Proprietăţile dielectrice ale conductoarelor emailate

Tabela 9

Caracteristici tehnice	Unitatea de măsură	Tipurile de conductoare emailate											
		E P			E P U		E U	E T				E U L E T L	
diametrul nominal al conductorului	mm	0,4	1,0	2,0	0,8	1,5	0,25	0,6	0,2	0,4	1,0	2,0	0,15	0,45
tensiunea de străpungere pe torsade														
— iniţial	V	2 600	4 300	4 800	3 500	3 800	3 500	5 000	3 000	3 000	5 000	6 000	2 500	3 200
— după 24 ore în apă		200	400	500	1 050	1 100	1 150	1 400	2 100	2 300	2 800	3 000	1 500	3 000
rezistenţa de izolaţie la 20°C														
— la umiditate relativă 80%	MΩ km	—	—	—	—	—	1 068	645	—	—	—	—	1 500	1 200
— după 1 oră la 70°C		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	500	450
tangenta unghiului de pierderi dielectrice la 800 Hz şi 20°C														
— la umiditate relativă 80%		—	—	—	—	—	0,014	0,015	—	—	—	—	0,022	0,013
— după 1 oră la 70°C		—	—	—	—	—	0,014	0,017	—	—	—	—	0,033	0,015
defecte punctiforme pe 15 m, în mercur		0	—	—	—	—	0	—	0	0	—	—	0	0

Tabela 10

Proprietăţile chimice ale conductoarelor emailate

Caracteristici tehnice	Unitatea de măsură	Tipurile de conductoare emailate									
		E P			E P U		E U		E T		
diametrul nominal	mm	0,4	1,0	2,0	0,8	1,5	0,25	0,6	0,4	1,0	2,0
rezistenţa la uzură cu ac de oţel de diametru 0,6 mm, după 30 min la 60°C, menţinere în solvenţi	curse duble										
— benzen		42	45	80	300	550	>60	>80	124	300	1 200
— alcool etilic		4	5	6	3	5	5	26	1 000	1 060	1 100
— acetonă		14	18	20	10	20	5	32	187	600	700
— white spirit		54	58	92	210	400	130	143	704	1 000	>1 500
rezistenţa la lacurile de impregnare											
— lac C 51-M (ALM)		bună			bună		bună		bună		
— lac C 1-52		bună			bună		bună		bună		

rezistenţa de izolaţie se menţine la valori de ordinul 10^{11} şi după 56 cicluri de tratament. În cazul bobinelor rectangulare impregnate cu lacurile de impregnare C 51-M (ALM) şi C 1-52, fabricate la FCME, rezistenţa de izolaţie după 56 cicluri de tratament în climat TH este aproximativ

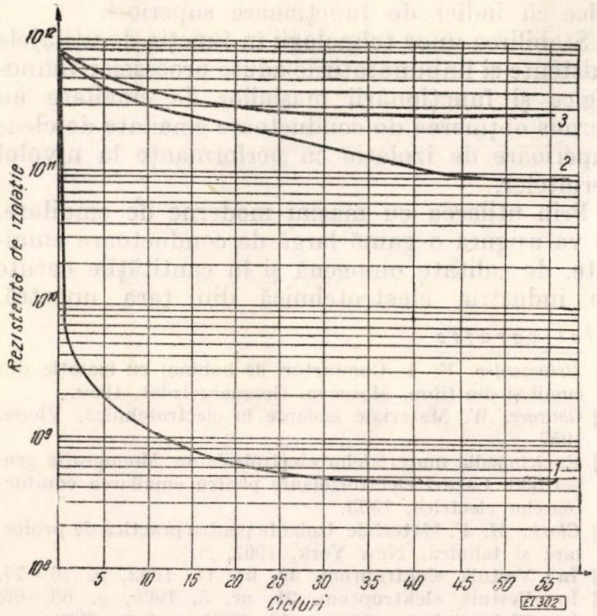


Fig. 3. Rezistenţa în mediu TH a conductoarelor emailate:
1 — conductoare EP; *2* — conductoare EU; *3* — conductoare ET.

aceeaşi pentru cele 3 tipuri de conductoare. Aceasta dovedeşte că dacă sînt impregnate cu lacuri rezistente la umiditate, bobinajele cu conductoare EP pot rezista satisfăcător la umiditate.

f) *Determinarea claselor de izolaţie.* În STAS-ul 6247-60, întocmit după recomandările CEI, se indică următoarele clase de izolaţie pentru conductoarele emailate:

— conductor EP A (105°C);
— conductor EU E (120°C);
— conductor ET B (130°C).

Pentru verificarea claselor de izolaţie la conductoarele fabricate, FCME s-a utilat cu aparatura şi instalaţiile necesare, construite în mare parte prin autoutilare, a stabilit metodele de evaluare şi a început la sfîrşitul anului 1963 efectuarea încercărilor. Primele încercări, au fost efectuate pe motorete cu următoarea schemă de izolaţie:

— conductor emailat EP diametrul 0,9 mm;
— izolaţie de crestătură — preşpan 0,25 mm;
— lac de impregnare — C 51-M (ALM);
— pană de crestătură — lemn de fag.

Metoda de încercare are la bază standardul american AIEE 510 pentru sistemul de izolaţie pe motorete.

Un ciclu de condiţionare, pe lîngă tratamentul termic propriu-zis, mai cuprinde o expunere la vibraţie timp de 1/2 oră şi la umiditate 100% timp de 48 ore, după care motoretele sînt supuse la anumite tensiuni electrice. Rezultatele obţinute

sînt indicate în figura 4. În acest fel s-a verificat că prin impregnare cu un lac corespunzător, conductoarele emailate EP pot funcționa la o temperatură mai mare decît clasa A de izolație, iar influența

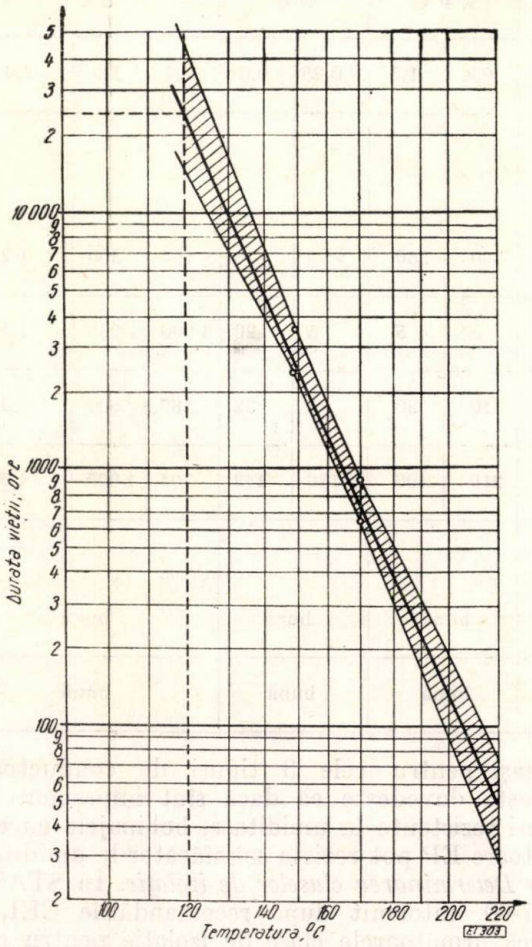


Fig. 4. Evaluarea clasei de izolație pentru motoarele cu conductoare EP.

umidității asupra lor se micșorează. Sînt în curs de efectuare alte încercări pe torsade sau motorete avînd ca element de bază conductoarele emailate fabricate la FCME.

Perspective și concluzii

Pe baza constatărilor făcute asupra funcționării mașinilor de emailare existente, pentru mărirea capacităților de producție în scopul asigurării necesarului cantitativ și calitativ de conductoare emailate al industriei electrotehnice în plină dezvoltare, au fost luate măsuri pentru utilarea fabricii cu mașini moderne de emailare.

Au fost contractate mașini tip MOCO din Anglia pentru emailarea conductoarelor rotunde cu diametre sub 0,10 mm, în gama 0,3—1 mm (în curs de contractare) și a conductoarelor dreptunghiulare pînă la secțiunea de 120 mm² sau a conductoarelor rotunde pînă la diametrul de 9,5 mm. Mașinile MOCO, de productivitate sporită, sînt prevăzute cu regimuri termice uniforme pentru obținerea unor curbe de temperatură eficiente, încălzire indirectă cu gaze sau rezistențe electrice, arderea catalitică a gazelor, cuptoare de recoacere în flux continuu cu emailarea, control automat al funcționării, putînd asigura o calitate omogenă și performanțe superioare ale conductoarelor emailate.

Este necesar ca fabrica să fie utilată în continuare, la capacitatea din proiectul inițial, cu cele mai moderne mașini, care să înlocuiască mașinile de tip vechi, uzate moral. Pe baza experienței care se va obține la exploatarea noilor mașini, se va studia de asemenea modernizarea funcționării mașinilor principale aflate în funcțiune.

Pentru asimilarea de alte tipuri de conductoare emailate, la ICPE se studiază obținerea conductoarelor izolate cu lac acetal polivinilic, iar la FCME obținerea de lacuri tereftalice, care să înlocuiască pe cele din import. Cercetările viitoare vor trebui conduse spre completarea sortimentelor prin asimilarea de noi tipuri de conductoare emailate, și anume : conductoare emailate cu combinații poliester-poliamide, care prezintă proprietăți superioare celorlaltor tipuri de conductoare emailate; conductoare emailate cu poliesteri reticulari și acoperiți cu poliesteri liniari, care prezintă proprietăți similare cu cele ale conductoarelor emailate cu lac tereftalic, în plus rezistă perfect la șocul termic; conductoare emailate cu poliuretani sau acetal polivinilic și acoperite la suprafață cu email poliamidic. Aceste conductoare reunesc multe din calitățile fiecărui email, putîndu-se utiliza în cele mai diverse domenii ale electrotehnicii.

*

Fabricația de conductoare emailate la FCME, aflată la începutul dezvoltării, a asigurat în mare parte necesitățile industriei electrotehnice, dînd posibilitatea construirii de mașini și aparate electrice cu indici de funcționare superiori.

Stabilirea unor tehnologii în funcție de utilajele existente și îmbunătățirile aduse proceselor tehnologice și funcționării mașinilor de emailare au permis obținerea de conductoare emailate de clase superioare de izolație cu performanțe la nivelul cerințelor.

Prin utilarea cu mașini moderne de emailare, se va asigura o gamă largă de conductoare emailate, de calitate omogenă și în cantitățile cerute de industria electrotehnică din țara noastră.

Bibliografie

[1] *Privezențev, V. A.* Conductori de bobinaj cu izolație din email și din fibre. Moscova, Gosenergoizdat, 1959.
[2] *Oburger, W.* Materiale izolante în electrotehnică. Viena, 1957.
[3] Enciclopedia materialelor electroizolante. Monografia grupei 533. Lacuri electroizolante pentru emailarea conductoarelor electrice, 1963.
[4] *Clark, M.* F. Materiale izolante pentru practica de proiectare și tehnică. New York, 1962.
[5] În : Vestnik elektroprom. **33**, nr. 11, 1962, p. 76—77.
[6] În : Vestnik elektroprom. **31**, nr. 5, 1960, p. 63—66.
[7] În : Elektrotehnica **10**, nr. 10, 1962, p. 390—393.
[8] În : Rev. Techn. Philips **23**, nr. 11, 1962, p. 378—387.

Intrat în redacție la 30.IV.1964

DIN ACTIVITATEA DE CERCETARE

Dan Finţescu *

Regulatoare automate de tensiune şi putere reactivă pentru hidrogeneratoare

CZ 621.316.722.1 — 523.2 : 621.313.3 — 82

Pentru a menţine constantă tensiunea la barele unui generator sincron sau energia reactivă debitată, atunci cînd sarcina variază, este necesară reglarea curentului de excitaţie al generatorului. La început, aceasta se făcea manual, însă dificultăţile inerente unui astfel de procedeu au dus repede la dezvoltarea unor sisteme automate de reglare. Pe măsura dezvoltării elementelor de automatizare, în special a amplificatoarelor de curent continuu, regulatoarele automate de tensiune s-au perfecţionat mereu, în ceea ce priveşte atît siguranţa în exploatare, cît şi performanţele funcţionale. Mult timp, amplificatoarele de putere folosite erau maşinile electrice de curent continuu, sub formă de excitatoare, subexcitatoare, excitatoare pilot etc., iar pentru puterile mici, amplificatoarele electromecanice cu care erau echipate regulatoarele Tirril, BBC, cele cu rezistenţă de cărbune etc. Apariţia în tehnică a amplificatoarelor magnetice cu performanţe ridicate a constituit o cotitură mare în concepţia regulatoarelor de excitaţie. În adevăr, datorită calităţilor dinamice şi siguranţei mari în exploatare, acestea au luat repede locul amplificatoarelor de mică şi medie putere. În felul acesta s-a ajuns la eliminarea amplificatoarelor electromecanice şi a celor rotative de medie putere.

Două echipamente de reglare a excitaţiei, bazate pe concepţii moderne, au fost cercetate şi construite în cadrul laboratorului de acţionări electrice din Institutul de cercetări şi proiectări electrotehnice, pentru hidrogeneratoarele fabricate la U.C.M. — Reşiţa şi destinate Uzinei Pîngăraţi.

Sistemul de excitare cuprinde, în linii mari, o excitatoare de 200 kW putere nominală şi 500 kW putere de forţare, montată direct pe axul hidrogeneratorului, prevăzută cu două înfăşurări de excitaţie pe care debitează două amplificatoare magnetice trifazate în contratimp, comandate la rîndul lor de o cascadă de preamplificare. Regulatorul, în ansamblu, este alimentat de la un grup convertizor de 50/350 Hz, prevăzut cu două volante, care asigură o rezervă de energie necesară în cazul căderii momentane a tensiunii hidrogeneratorului produsă de un scurtcircuit pe reţea. În adevăr, datorită reactanţei liniei, scurtcircuitele reprezintă sarcini reactive puternice pentru generator, fiind deci nevoie, pentru menţinerea stabilităţii, de o forţare a excitaţiei sale.

Regulatorul, în circuit deschis, se caracterizează printr-o viteză foarte mare de răspuns, întreg lanţul de amplificare, pînă la excitatoare, avînd un timp de răspuns sub 0,01 s, şi printr-un nivel de putere de ieşire deosebit de mare, de circa 50 kW, care asigură o forţare a excitaţiei excitatoarei, ajungînd pînă la de cinci ori curentul nominal.

O atenţie deosebită s-a acordat problemei de optimalizare a comportării dinamice [1], avîndu-se în vedere dificultăţile specifice hidroagregatului. În primul rînd trebuie relevată prezenţa neplăcută a două constante de timp mari, de acelaşi ordin de mărime, în lanţul de amplificare. În adevăr, datorită turaţiei reduse, excitatoarea prezintă o constantă de timp apropiată de aceea a hidrogeneratorului. Pe de altă parte, o problemă delicată o constituie funcţia de transfer variabilă a hidrogeneratorului. În adevăr, coeficientul de amplificare, cum şi constanta de timp, variază în limite foarte largi în funcţie de reactanţa liniei. Într-o măsură mai mică, acelaşi fenomen apare şi în comportarea dinamică a excitatoarei, care se modifică de la gol la sarcină. Se ajunge astfel ca valoarea coeficientului de amplificare a regulatorului în buclă deschisă să varieze de peste zece ori de la funcţionarea în gol la funcţionarea în plină sarcină a hidrogeneratorului, iar constanta de timp, de circa cinci ori.

O grijă deosebită s-a acordat vitezei de dezexcitare, ţinîndu-se seamă de posibilitatea suprasaturării accidentale a hidrogeneratorului. Problema dezexcitării rapide automate a căpătat o rezolvare originală [2], asigurîndu-se timpul minim de dezexcitare, totodată fără nici o intervenţie în circuitul înfăşurării de excitaţie a hidrogeneratorului, eliminîndu-se din funcţionare întreruptoarele clasice de dezexcitare.

Sistemul de excitare este prevăzut şi cu posibilitatea comenzii manuale a tensiunii. Aceasta se realizează printr-un amplificator magnetic trifazat, alimentat de la reţeaua de 50 Hz, şi care debitează pe înfăşurarea principală de excitaţie a excitatoarei. Amplificatorul magnetic este comandat în circuit deschis. Trecerea de la comanda manuală la cea automată şi invers se realizează fără întreruperea curentului de excitaţie al excitatoarei, asigurîndu-se în acelaşi timp o continuitate perfectă a tensiunii de ieşire a hidrogeneratorului.

Întreg echipamentul de reglare automată, inclusiv sistemul de comandă manuală şi de pornire şi autoexcitare a grupului convertizor, sînt cuprinse într-un dulap cu dimen-

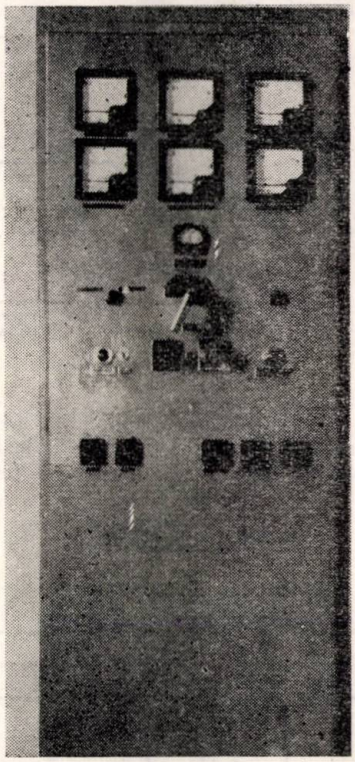


Fig. 1. Regulator automat de tensiune şi putere reactivă pentru hidrogeneratoarele Reşiţa-Pîngăraţi.

siunile 800 × 2 200 × 400 mm. Pe faţa uşii dulapului, aşa cum se vede în figura 1, se află aparatele indicatoare pentru tensiunea hidrogeneratorului, a grupului convertizor şi a reţelei de 50 Hz, a curentului de excitaţie a hidrogeneratorului şi a excitatoarei şi a puterii aparente debitate de hidrogenerator. Tot pe uşa dulapului se află comutatorul de selecţie a comenzii automate sau manuale, butoanele de pornire a grupului convertizor, de excitare şi dezexcitare rapidă, şi un comutator de selecţie a transmiterii comenzilor de la dulap sau de la distanţă. În centru se află butoanele care acţionează potenţiometrele de imprimare a tensiunii.

Bibliografie

[1] *Finţescu, D.* Sistem de reglare automată a tensiunii pentru alternatoare. Oficiul de Stat pentru Invenţii D 46463.

[2] *Finţescu, D.* Sistem de dezexcitare rapidă. Oficiul de Stat pentru Invenţii D.

* Ing. *D. Finţescu* este şeful laboratorului de acţionări electrice din Institutul de cercetări şi proiectări electrotehnice.

David Fränkel şi Ioan De Sabata * — Timişoara

Măsurarea pierderilor prin efect Joule-Lenz în reţele trifazate cu generator Hall

CZ 621.317.384.017.7 : 538.632

1. Măsurarea pierderilor de energie pe liniile de transport, adică în reţele trifazate cu trei conductoare, se realizează cu diferite metode, folosind ampermetre, contoare de energie la capetele liniei sau contoare de pierderi. Toate aceste metode duc la erori mari. Cînd linia este puţin încărcată, erorile depăşesc chiar 20% [1], [2], [3], [4], [5].

Cu generatorul Hall se poate măsura cu o precizie de ordinul 2—4% efectul Joule-Lenz pe linie şi folosind un instrument înregistrator se pot determina grafic şi pierderile de energie corespunzătoare, dacă rezistenţa liniei este cunoscută.

Efectul Joule-Lenz pe linie, măsurat pe această cale, este proporţional cu tensiunea Hall şi deci poate fi telemăsurat.

2. Principiul metodei. Se ştie că tensiunea unui generator Hall u_h e proporţională cu produsul curentului de comandă i_c prin componenta normală pe placa semiconductoare a inducţiei magnetice B (fig. 1):

$$u_h = c\, i_c\, B$$

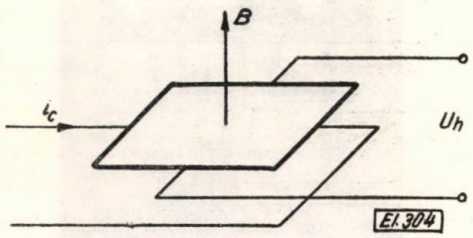


Fig. 1. Generator Hall.

Pentru a măsura pătratul curentului pe fază se realizează o proporţionalitate pentru i_c şi B cu valoarea curentului din faza considerată: $i_c = k'i$ şi $B = k''i$ (fig. 2), deci:

$$u_h = K\, i^2,$$

unde:

$$K = c\, k' k''.$$

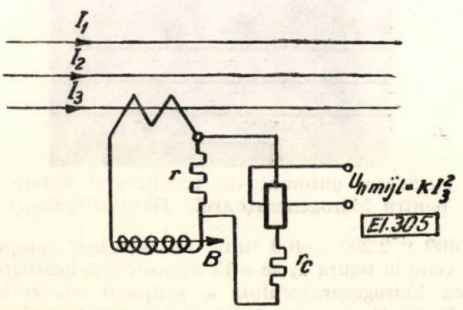


Fig. 2. Schema de măsurare a pătratului valorii efective a unui curent cu generator Hall.

Valoarea mijlocie pe o perioadă a tensiunii Hall este:

$$U_{h\,mij} = K \frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt = K\, I^2.$$

Aşadar, componenta continuă a tensiunii Hall măsurată cu un instrument magnetoelectric este proporţională cu pătratul valorii efective a curentului I^2.

Rezistenţa liniei r_L fiind cunoscută, instrumentul poate fi etalonat în pierderi de putere.

În cazul general al sistemelor trifazate nesimetrice, pierderile totale, în ipoteza că rezistenţa celor trei conducte este aceeaşi, pot fi măsurate cu două generatoare Hall.

În adevăr, notînd:

$$I^2 = \sum_{k=1}^{3} I_k^2 = \sum_{k=1}^{3} \mathfrak{I}_k\, \mathfrak{I}^*_k, \tag{1}$$

în care:

I_k este valoarea efectivă,

$\mathfrak{I}_k$ — respectiv $\mathfrak{I}^*_k$ sînt expresiile complexe, respectiv complex conjugate, ale curenţilor de linie.

Ţinînd seamă că:

$$\sum_{k=1}^{3} \mathfrak{I}_k = \sum_{k=1}^{3} \mathfrak{I}^*_k = 0,$$

se obţin următoarele relaţii:

$$I^2 = \mathfrak{I}_2 \left(\mathfrak{I}^*_2 - \mathfrak{I}^*_1\right) + \mathfrak{I}_3 \left(\mathfrak{I}^*_3 - \mathfrak{I}^*_1\right), \tag{2}$$

$$I^2 = \mathfrak{I}_2 \left(2\,\mathfrak{I}^*_2 + \mathfrak{I}^*_3\right) + \mathfrak{I}_3 \left(2\,\mathfrak{I}^*_3 + \mathfrak{I}^*_2\right), \tag{3}$$

$$I^2 = 2 \left(\mathfrak{I}_3 \mathfrak{I}^*_3 - \mathfrak{I}_1 \mathfrak{I}^*_2\right), \tag{4}$$

$$I^2 = -\,2 \left(\mathfrak{I}_1 \mathfrak{I}^*_2 + I_3\, \mathfrak{I}^*_1 + I_2\, \mathfrak{I}^*_3\right). \tag{5}$$

Fiecare relaţie corespunde unei scheme de măsurare posibilă: (1) şi (5) sînt realizabile cu trei generatoare Hall, iar (2), (3), şi (4) cu două. Se remarcă faptul că relaţiile (2) şi (4) duc la utilizarea a trei transformatoare, iar (3) la două transformatoare de curent. Schema pentru relaţia (4) fiind cea mai simplă este de preferat schemei obţinute, folosind relaţia (3), deşi necesită un transformator de curent în plus (fig. 3). Transformatoarele de curent fiind legate la pămînt, cele două sonde Hall sînt legate galvanic între ele. Din acest

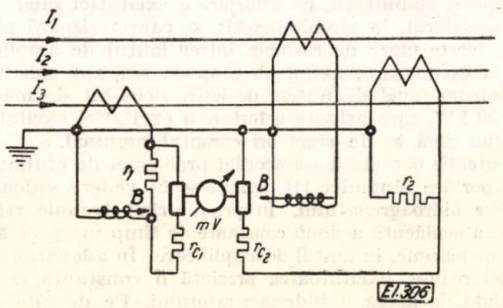


Fig. 3. Schema de măsurare a efectului Joule-Lenz pe o linie trifazată, cu generator Hall.

motiv, milivoltmetrul este conectat ca în figura 3, măsurînd jumătate din suma celor două tensiuni Hall. Dacă s-ar folosi un transformator intermediar de separare, legarea între celelalte două contacte Hall ar deveni posibilă şi s-ar măsura suma tensiunilor Hall.

De remarcat că schemele indicate reprezintă totodată montaje pentru măsurarea pătratului puterii active maxime la tensiuni de linie simetrică.

În adevăr, pătratul puterii active maxime este:

$$P^2_{max} = \left(U_1^{x\,2} + U_2^{x\,2} + U_3^{x\,2}\right) \left(I_1^2 + I_2^2 + I_3^2\right) =$$

$$= C \left(I_1^2 + I_2^2 + I_3^2\right),$$

* Autorii sînt conferenţiari la Institutul politehnic din Timişoara.

unde U_k^x ($k = 1, 2, 3$) sînt tensiunile de fază la o încărcare simetrică.

3. S-au realizat două generatoare Hall, confecționate din InSb, realizat de Centrul de cercetări metalurgice al Academiei R.P.R., din materiale indigene. S-au dimensionat și realizat circuitele magnetice din permaloy și s-au efectuat verificări experimentale. Caracteristicile sondelor folosite au fost date în lucrarea [6].

S-a măsurat în laborator cu metoda propusă $I_1^2 + I_2^2 + I_3^2$ cu eroare raportată sub 4% în comparație cu indicațiile unor ampermetre de clasă 0,2.

Bibliografie

[1] *Goriunov, P. V.* Contoare electrice. București, Editura energetică de stat, 1954.
[2] *Ilincovici, A. M.* Elektriceskie sciotciki. Moscova, Gosenergoizdat, 1963.
[3] *Teitel, I. S.* Triohfaznîi sciotcik poteri. În : Promîșlennaia energhetica, nr. 4, 1964.
[4] *Fränkel, D.* Contor de pierderi. În : Energetica, nr.9, 1958.
[5] M.E.E.I.E. Instrucțiuni relative la stabilirea pierderilor de energie electrică în rețelele sistemelor energetice, București, OPED, 1956.
[6] *Fränkel, D.* și *De Sabata, I.* Măsurarea puterii aparente în sisteme mono- și trifazate cu generator Hall. În : Electrotehnica 10, nr. 1, 1962.

RECENZII

C Z 621-313.1 (022)

M. Sand. **Mașini electrice speciale**, vol. I. București, Ed. didactică și pedagogică, 1963, 465 pag., 147 ref. bibl.

Una dintre caracteristicile principale ale etapei actuale a dezvoltării construcției de mașini electrice o constituie lărgirea necontenită a domeniilor lor de folosire și, ca o consecință imediată, creșterea continuă a numărului de tipuri de mașini electrice. În prezent, mașinile electrice sînt utilizate ca generatoare de putere electromagnetică în centralele electrice și pe mijloacele de transport, ca motoare în sistemele de acționare electromecanică a celor mai variate mecanisme în industrie, agricultură, transporturi și de uz casnic, ca generatoare de impulsuri în instalațiile de prelucrare a metalelor prin scînteie electrică, ca generatoare de curent continuu și transformatoare cu caracteristici speciale pentru sudura electrică, ca generatoare de curent electric perfect continuu pentru instalații electrochimice și pentru instalații de studiu în fizica nucleară, ca pompe electromagnetice etc.

Condițiile speciale de funcționare și cerințele în privința parametrilor, a variației și reglajului mărimilor de ieșire, precum și a gabaritului și greutății, necesitate de utilizările din ce în ce mai numeroase și mai variate ale mașinilor electrice, conduc la conturarea tot mai precisă a unei grupe aparte de mașini electrice, denumite mașini electrice speciale. Mai mult decît atît, în prezent există mari întreprinderi profilate exclusiv pentru construcția de mașini electrice speciale.

Etapa actuală se caracterizează prin intrarea în perioada unei revoluții tehnice-științifice legate de stăpînirea energiei nucleare, de cucerirea cosmosului, de dezvoltarea chimiei, de automatizarea producției și de alte realizări dintre cele mai importante ale științei și tehnicii.

Ritmul rapid de creștere a productivității muncii, caracteristică esențială a societății socialiste, se atinge prin ridicarea continuă a nivelului tehnic al mijloacelor de producție, o grijă deosebită fiind acordată intensificării mecanizării și automatizării producției: „Automatizarea va cuprinde o mare parte a producției în siderurgie, în centrale termo- și hidroelectrice, în industria chimică, în industria prelucrării petrolului, la transportul gazelor, în industria alimentară și altele“ (Congresul al III-lea al Partidului Muncitoresc Romîn, Ed. politică, 1960, p. 62).

Toate acestea și în primul rînd introducerea automatizărilor în toate ramurile producției materiale, precum și în alte domenii ale activității umane, impun pe lîngă altele elaborarea și dezvoltarea producției unor tipuri noi de mașini electrice, care deosebindu-se prin funcționarea, caracteristicile sau construcția lor de mașinile electrice clasice, fac parte din categoria mașinilor electrice speciale tratate de autor în lucrarea prezentată.

Drept criterii de clasificare în tratarea unui asemenea subiect pot fi adoptate fie principiile de funcționare, așa cum se obișnuiește pentru mașinile electrice clasice, fie domeniile de utilizare. Autorul a ales al doilea criteriu care permite compararea cu mai multă ușurință a performanțelor mașinilor cu utilizări asemănătoare și stabilirea, pe această bază, a recomandărilor privind alegerea mașinilor respective în funcție de condițiile de exploatare, ceea ce se dovedește a fi avantajos pentru activitatea practică de inginer.

Primul volum al cursului de mașini electrice speciale cuprinde probleme de teorie, construcție și proiectare a mașinilor utilizate în sistemele automate, autorul orientîndu-se spre problemele legate de principala direcție a progresului tehnic actual.

Caracteristica principală a lucrării o constituie tratarea unitară, pe baza teoriei celor două reacțiuni, a tuturor problemelor teoretice relative la mașinile electrice speciale (excepție fac doar ambreiajele electromagnetice, la care această teorie nu poate fi aplicată). Adoptarea acestei metode a permis tratarea problemelor la un nivel științific înalt și totodată accesibil. Se remarcă de asemenea strînsa legătură a acestei cărți cu bazele teoretice ale electrotehnicii și grija autorului de a utiliza corect legile cîmpului electromagnetic. În acest sens, trebuie subliniat că pentru prima dată la o carte de mașini electrice, ecuațiile mașinilor sînt scrise cu respectarea riguroasă a regulilor de asociere a sensurilor de referință a mărimilor electrice. O astfel de încercare a fost făcută și în lucrarea „Electromechanical energy conversion“ de D. White și H. H. Woodson, curs predat la Institutul Tehnologic din Massachusetts, fără însă ca autorii să fie consecvenți pînă la capăt.

În sfîrșit, o altă caracteristică generală este grija autorului de a scoate în evidență aportul și succesele științei și tehnicii romînești și aceasta nu numai în introducere, ci în tot cuprinsul lucrării în care sînt prezentate cu extinderea cuvenită lucrările teoretice și metodele de proiectare elaborate în țara noastră. De altfel și în ceea ce privește partea istorică, bazat pe o cercetare bibliografică temeinică, autorul a prezentat corect prioritățile inventării diferitelor mașini.

După ce în primul capitol, care are un caracter introductiv, sînt prezentate ecuațiile de funcționare ale mașinilor electrice generalizate, în curs sînt expuse, în capitolul II, problemele de construcție, teorie și proiectare ale mașinilor electrice amplificatoare.

Amploarea diferitelor paragrafe este, s-ar putea spune, proporțională cu importanța și lărgimea domeniilor de utilizare a diferitelor mașini, cele mai dezvoltate fiind cele referitoare la amplidină, mașinile cu autoexcitație acordată și mașinile cu cîmp longitudinal cu două și cu trei etaje. În acest capitol, în afară de sistematizarea și prezentarea unitară a materialului, aportul autorului este prezent și prin tratarea originală a ecuațiilor mașinilor cu cîmp longitudinal cu trei etaje și metoda originală de calcul al caracteristicilor de magnetizare și de mers în gol ale acestora. Cu privire la mașinile cu autoexcitație critică, se poate remarca, de asemenea, că autorul, prelucrînd critic materialul bibliografic, a dat o expresie corectă a ecuațiilor mașinii în cazul cînd acestea alimentează un motor de curent continuu, evitînd greșala lui E.V. Nitusov, care n-a observat că în acest caz, nici măcar în regim staționar nu se poate considera că tensiunea electromotoare de rotație a mașinii amplificatoare ar fi egală cu căderea de tensiune pe rezistența chimică a circuitului de sarcină.

Al treilea capitol tratează problemele referitoare la servomotoarele electrice, în categoria cărora sînt incluse şi ambreiajele electromagnetice. Şi aici cea mai mare pondere o au servomotoarele asincrone bifazate care prezintă tendinţa cea mai accentuată de dezvoltare. Teoria acestor maşini a fost elaborată pe baza teoriei celor două reacţiuni, ceea ce i-a permis autorului să ajungă la expresii generale ale caracteristicilor mecanice şi să găsească, în capitolul al IV-lea, expresia corectă a caracteristicii de viteză a tahogeneratorului asincron bifazat. Această expresie este mai corectă decît aceea dată de I. Cecet şi mai completă decît aceea dată de J.C. Truxal.

Transformatoarele rotative tratate în capitolul al V-lea, dat fiind rolul lor în sistemele automate, ar fi poate mai corect să fie denumite transformatoare rezolvatoare sau pur şi simplu rezolvatoare. Aici, pe bună dreptate este dezvoltată partea de construcţie şi mai cu seamă recomandările şi justificarea lor cu privire la alegerea înfăşurărilor, fără însă ca prin aceasta să se altereze problemele de teorie, relativ la care se constată aceeaşi consecvenţă.

Cel de-al VI-lea capitol este rezervat micromotoarelor sincrone, dintre care mai amplu sînt tratate micromotoarele sincrone cu reluctanţă variabilă (reactive) şi micromotoarele sincrone cu histerezis. Dacă sîntem de acord cu autorul că problemelor relative la aceste motoare li s-a rezervat spaţiul cuvenit, nu putem fi de acord cu neglijarea micromotoarelor sincrone cu magneţi permanenţi care-şi găsesc o largă utilizare în sistemele automate.

Ultimul capitol este rezervat maşinilor pentru sistemele de transmisie sincronă şi cuprinde problemele relative la selsine şi magnesine, tratate cu aceeaşi atenţie şi prin aceleaşi metode ca şi problemele din celelalte capitole.

V. Corlăţeanu

REFERATE

CZ 621.313.392:538.652:534.321.9

M. Marinescu. **Motoare electromagnetice cu mişcare alternativă şi generatoare magnetostrictive de ultrasunete.** În: Revue Générale de l'Électricité, nov 1963, p. 565—572, 11 fig.

Autorul extinde în lucrarea de faţă teoria elaborată în lucrări anterioare privind funcţionarea electromagneţilor de tipul solenoidal (cu cursă lungă) ca motoare sincrone cu mişcare alternativă.

Astfel, în această teorie sînt încadrate funcţionarea ca motor a electromagneţilor în formă de potcoavă sau în formă de manta (cu cursă scurtă), cum şi generatoarele magnetostrictive de ultrasunete.

Plecînd de la analiza funcţionării unui astfel de magnet în planul fazelor „flux-curent" se arată condiţia de formă şi de fază dintre mişcarea armăturii şi curent, pentru ca în planul fazelor integrala de contur $\int(i)id\varphi$ să fie maximă, stabilindu-se astfel că frecvenţa mişcării trebuie să fie egală cu frecvenţa curentului, că forma curentului trebuie să fie aceea a unor impulsuri dreptunghiulare separate prin intervale de aceeaşi durată cu impulsurile şi că impulsul trebuie să coincidă cu faza de atracţie a armăturii de către electromagnet. Această condiţie de fază între curent şi mişcare duce la o condiţie de rezonanţă electromecanică, care se traduce printr-o relaţie între frecvenţa impulsurilor, masa armăturii şi lucrul mecanic dezvoltat de motor. Frecvenţa de rezonanţă electromecanică coincide cu frecvenţa cuadrantală superioară a armăturii încărcată cu o sarcină rezistivă echivalentă. Aceste rezultate sînt extinse la generatoarele magnetostrictive asimilate cu electromagneţi cu cursă scurtă, în baza analogiilor dintre forţele magnetostrictive şi forţele electromagnetice pe de o parte şi a frecvenţei proprii a barei magnetostrictive cu aceea a armăturii mobile a electromagnetului, pe de altă parte.

În baza acestei teorii rezultă că performanţele optime ale unui asemenea generator nu se obţin prin alimentarea obişnuită cu curentul pulsator şi la frecvenţa de rezonanţă proprie a tijei, ci prin alimentarea în impulsuri de curent la frecvenţa cuadrantală superioară.

M. M.

CZ 621.3.014.8:621.3.014.33.004

M. Marinescu. **Asupra teoriei rezonanţei la impuls şi aplicaţiile în tehnică.** În: L'Onde Électrique, nr. 441, decembrie 1963, p. 1248—1255, 8 fig., 3 oscilograme.

După cîteva consideraţii generale făcute asupra rezonanţei clasice, văzută din punctul de vedere al energiei maxime transmise de către o forţă sinusoidală unui sistem rezonant, autorul analizează din acelaşi punct de vedere energia maximă transmisă sistemului rezonant în cazul unei forţe în formă de impulsuri şi stabileşte noi condiţii de rezonanţă, care diferă de acelea ale rezonanţei clasice. Astfel, frecvenţa impulsurilor de forţă pentru care are loc noua formă a rezonanţei depinde nu numai de masa şi de elasticitatea sistemului oscilant, ci şi de rezistenţa de frecare a sistemului.

În continuare, autorul modelează fenomenul mecanic analizat cu ajutorul circuitelor electrice şi prin oscilografierea curentului şi a tensiunii aplicate verifică concluziile deduse pe cale analitică pe sistemele mecanice. Rezultatele obţinute sînt aplicate la realizarea de noi maşini electrice cu mişcare alternativă alimentate în impulsuri de curent.

M. M.

CZ 621.3.016.352

M. Marinescu. **Asupra unor efecte de instabilitate electromecanică.** În: C.R. Acad. Sc. Paris, t. 257, 4 decembrie 1963, p. 3578—3581.

În comunicare se arată că poziţia centrală a armăturii mobile a unui electromagnet solenoidal, care în condiţiile obişnuite de alimentare în curent continuu sau alternativ este o poziţie de echilibru stabil, datorită forţelor electromagnetice de atracţie devine o poziţie nestabilă atunci cînd electromagnetul este alimentat în impulsuri de curent şi totodată este îndeplinită o anumită relaţie între parametrii mecanici şi electrici ai electromagnetului.

Autorul dă explicaţia fizică a acestui efect, urmată de un calcul analitic, stabilind relaţii de condiţie în care apariţia lui este posibilă.

Efectul de instabilitate este caracterizat prin aceea că armătura electromagnetului la aplicarea impulsurilor de curent părăseşte spontan poziţia centrală şi intră într-un regim permanent de oscilaţie cu anumită amplitudine şi cu o frecvenţă egală cu jumătate din frecvenţa impulsurilor.

Pentru condiţii puţin diferite, armătura este aruncată în afara electromagnetului. De asemenea, noul efect poate să ia şi aspectul următor: pentru o anumită disimetrie a armăturii faţă de poziţia centrală, ea este din nou atrasă în poziţia centrală; o dată însă depăşită această disimetrie critică, armătura nu mai revine la poziţia centrală, ci intră în regimul de oscilaţii descris la început. Toate aceste aspecte ale noului efect îşi găsesc explicaţia în teoria dezvoltată de autor.

M. M.

CZ 621.3.046.23

M. Marinescu. **Asupra principiului transferului extremal al energiei în sistemele electromecanice cuplate electromagnetic** În: C.R. Acad. Sc. Paris, 24 februarie 1964.

Autorul arată că în timp ce în mecanică metodele variaţionale duc la aceleaşi rezultate ca şi principiul conservării energiei sau principiile Newtoniene, din care, de altminteri, sînt deduse, în cazul sistemelor electromecanice cuplate, din cauza neliniarităţii ecuaţiilor, stabilirea unor principii variaţionale nu constituie o simplă consecinţă directă a legilor generale care guvernează evoluţia acestor sisteme, ci au un conţinut mai bogat şi permit a prevedea noi efecte legate de această evoluţie.

În concret, autorul, aplicînd un principiu variaţional dedus prin generalizare din cazul particular tratat într-o

comunicare anterioară (C.R. Acad. Sc. Paris, 4 decembrie 1963), deduce noi regimuri de funcţionare a sistemelor electromecanice cuplate electromagnetic, regimuri în care frecvenţa armăturii mobile este egală cu un submultiplu par al frecvenţei impulsurilor de alimentare. Aceste noi regimuri sînt puse în evidenţă experimental, obţinîndu-se astfel verificarea directă a principiului variaţional stabilit pe cale teoretică prin generalizarea unui caz particular.

M. M.

CZ 621.311.16.078

C. Penescu. **Unele metode pentru automatizarea complexă în sistemele energetice.** În: ETZ-A, tom 85, nr. 5, 1964, p. 147—153.

Automatizarea sistemelor energetice are o importanţă deosebită deoarece se adresează unei ramuri industriale de cea mai mare importanţă, ştiut fiindcă, pe de o parte, energia electrică reprezintă o materie primă absolut indispensabilă pentru oricare proces de producţie, iar pe de altă parte, rezervele de energie clasice sînt în continuă scădere; în acelaşi timp cerinţele de energie sînt în continuă creştere. De aceea asigurarea livrării de energie electrică la un randament global maxim înseamnă economisirea de resurse energetice şi implicit scăderea preţului de cost al produselor din toate ramurile industriale la care energia electrică apare ca materie primă. Trebuie remarcat, de asemenea, cerinţele tot mai mari ce se impun indicilor de calitate a energiei electrice (frecvenţă şi tensiune cît mai constante, continuitate în alimentare).

Metodele actuale de automatizare a sistemelor energetice se adresează separat menţinerii constante a tensiunii cu asigurarea repartiţiei puterii reactive şi menţinerii constante a frecvenţei cu repartiţia puterii active. Cele mai avansate metode de automatizare complexă a sistemelor energetice, pornind de la aceste premise, nu pot asigura funcţionarea sistemului la un randament global maxim.

Au existat încercări de a corecta parţial această funcţionare imperfectă a sistemelor energetice (de ex. soluţiile propuse de Kirchmaer din S.U.A.), dar situaţia este departe încă de a fi rezolvată.

În articolul de faţă autorul, după ce trece în revistă metodele existente de automatizare a sistemelor energetice, propune un sistem de automatizare mixt, frecvenţă-tensiune.

Într-adevăr, — se arată în articol, — menţinerea constantă a tensiunii cu regulatoare de tensiune foarte precise, aşa cum se face astăzi în toate centralele electrice, este lipsită de sens şi ea, de fapt, este o reminiscenţă din timpul cînd centralele electrice deserveau direct consumatorii. În prezent, consumatorilor li se asigură foarte rar tensiune constantă, întrucît ei sînt alimentaţi de la staţii prin transformatoare care, în marea lor majoritate, nu au reglare automată de tensiune; or, tocmai la consumatori trebuie să se menţină o tensiune constantă.

Metoda propusă de prof. C. Penescu este singura care poate asigura simultan funcţionarea centralelor la un consum minim de combustibil şi o circulaţie de puteri pe linii care să determine pierderi minime. Metodele existente asigură primul deziderat, dar nu pot să-l asigure pe cel de-al doilea.

Metoda propusă în articol constă din comanda — prin calculator numeric central — simultan a valorii sarcinii active de pe agregatele energetice cu valoarea tensiunii la bornele agregatelor.

Aceasta se face printr-un sistem de generatoare funcţionale de tip analogic cu comandă în circuit închis a nivelelor de tensiune şi deci a puterilor reactive, simultan cu nivelul de puteri active la frecvenţă constantă.

În acest fel tensiunea pe barele centralei este fluctuantă, în raport cu sarcina, însă la consumator tensiunea va rămîne constantă prin reglajul automat sub sarcină a transformatoarelor din staţii.

Prin caracterul original al acestei metode, — care este superioară tuturor metodelor cunoscute în lume la ora actuală —, autorul aduce o contribuţie însemnată la ameliorarea funcţionării sistemelor energetice interconectate.

Pentru ţara noastră soluţia propusă este deosebit de importantă şi considerăm că trebuie studiată în vederea aplicării ei în automatizarea sistemului energetic naţional, problemă de frunte a planului de dezvoltare a economiei naţionale.

S. F.

CRONICĂ

A II-a sesiune tehnico-ştiinţifică I.R.M.E.

CZ 061. 3 : 621.311.1 (498) I.R.M.E.

Întreprinderea pentru raţionalizarea şi modernizarea instalaţiilor energetice — I.R.M.E. — înfiinţată în anul 1960, în urma experienţei dobîndite şi a maturizării colectivului de tehnicieni şi ingineri, a organizat în anul 1963 prima sesiune de comunicări tehnico-ştiinţifice, iar în anul 1964, între 22 şi 23 mai a organizat a doua sesiune de comunicări tehnico-ştiinţifice în sala Consiliului naţional al inginerilor şi tehnicienilor din Bucureşti. La această sesiune au participat: cadre de conducere din M.M.E.E., academicieni, cadre didactice din învăţămîntul superior, delegaţi ai institutelor de cercetări şi proiectări de specialitate, reprezentanţi ai întreprinderilor regionale de electricitate şi ai principalelor centrale electrice din ţară, cum şi numeroşi invitaţi.

I.R.M.E. a fost înfiinţat ca urmare a Directivelor Congresului al III-lea al P.M.R. şi a primit ca sarcină să participe, în cadrul Departamentului energiei electrice, la introducerea tehnicii noi în instalaţiile sistemului energetic naţional.

Pentru rezolvarea acestor sarcini, I.R.M.E. şi-a desfăşurat activitatea în patru direcţii principale, şi anume:

— modernizarea instalaţiilor termo- şi electroenergetice din centralele şi staţiile existente;

— introducerea automatizărilor şi telemecanizărilor în centralele şi staţiile sistemului energetic;

— producerea de aparataj şi instalaţii de mică serie pentru dotarea întreprinderilor de electricitate;

— punerea în funcţiune a noilor obiective energetice.

Din cauza problemelor multiple şi variate care trebuie rezolvate de către I.R.M.E. s-a considerat oportună organizarea periodică a sesiunilor de comunicări tehnico-ştiinţifice, în scopul ca prin discuţiile ce se poartă pe marginea referatelor, să se clarifice problemele importante şi actuale ale sistemului energetic, iar Intreprinderea de raţionalizarea şi modernizarea instalaţiilor energetice să poată verifica dacă activitatea desfăşurată corespunde într-adevăr nevoilor sistemului energetic şi dacă rezolvarea dată în anumite probleme este la nivelul cerinţelor.

La sesiune au fost prezentate 38 de referate, care au oglindit cele mai importante realizări tehnico-ştiinţifice ale lucrătorilor din I.R.M.E., şi care datorită specificului lor variat s-au desfăşurat în patru secţii de specialitate, şi anume:

A — Secţia echipament electric în centrale, staţii şi reţele, cu 11 comunicări.

B — Secţia automatizări, telemecanică, protecţie prin relee, cu 7 comunicări.

C — Secţia termoenergetică şi hidroenergetică, cu un număr de 13 comunicări.

D — Secţia regimuri de funcţionare a sistemelor energetice, cu un număr de 7 referate.

Dezbaterile s-au axat atît pe probleme teoretice, cît şi pe probleme de ordin practic cu aplicaţie directă în sistemul energetic.

Din cuprinsul referatelor prezentate s-a desprins contribuţia pe care a avut-o I.R.M.E. în rezolvarea acestei probleme, şi anume:

— ajutorul dat termocentralei Borzeşti în exploatarea instalaţiilor de demineralizarea apei;

— cercetarea cauzelor care duc la apariţia depunerilor pe palete la turbinele termocentralei din Doiceşti, lucrare care s-a soldat cu creşterea puterii disponibile a centralei de la 116 la 119 MW;

— studierea sistemelor de tratare a apei de adaos existente în centrale.

O altă acţiune a fost aceea a modernizării ventilatoarelor de aer şi gaze, în care scop s-a creat un laborator de încercări pe modele. Folosind acest laborator s-a trecut la proiectarea modernizării ventilatoarelor din centralele Doiceşti, Ovidiu şi Paroşeni.

În domeniul automatizărilor şi telemecanizărilor, s-a urmărit atingerea unui nivel tehnic cît mai ridicat, ceea ce duce la:

— mărirea siguranţei în funcţionare a sistemelor energetice prin prevenirea, localizarea sau lichidarea avariilor;

— mărirea siguranţei în alimentarea consumatorilor;

— îmbunătăţirea calitativă a energiei electrice livrate consumatorilor, prin menţinerea parametrilor acesteia în limitele impuse;

— mărirea productivităţii muncii prin reducerea personalului de deservire şi folosirea mai raţională a personalului calificat;

— îmbunătăţirea condiţiilor de muncă a personalului de deservire.

Introducerea automatizării şi telemecanizării în sectorul energetic se reflectă în mod direct şi asupra celorlalte ramuri industriale.

Activitatea I.R.M.E. pe linia introducerii automatizărilor şi telemecanizărilor în sectorul energetic s-a oglindit în următoarele lucrări mai importante:

— studierea oportunităţii mecanizării şi automatizării unor procese de producţie cu specific energetic;

— studierea, elaborarea şi construcţia de noi tipuri de instalaţii şi aparate destinate introducerii automatizărilor şi telemecanizărilor energetice.

Lucrările efectuate au permis realizarea unor dispozitive care au fost puse la dispoziţia întreprinderilor regionale de electricitate, şi anume: dispozitiv pentru reanclanşarea automată rapidă a liniilor de înaltă tensiune; dispozitiv pentru anclanşarea automată a rezervei; dispozitiv pentru deconectarea sarcinii în funcţie de frecvenţă; dispozitiv pentru reglajul automat al ploturilor la transformatoare; instalaţie complexă de centralizare a comenzilor şi semnalizărilor cazanelor cu abur; instalaţie pentru automatizarea procesului de ardere la cazane cu combustibili gazoşi tip AEH 3.

De asemenea, au fost omologate prototipurile pentru elementele de automatizare pe linie termică, şi anume: dispozitiv pentru automatizarea recirculaţiilor condensatorului de bază; regulator de abur la labirinturi; regulator de nivel prin impulsuri; relee cu vid şi relee cu ulei.

În vederea dotării întreprinderilor de electricitate cu aparataj de măsură şi control, s-au executat o serie de aparate care erau necesare exploatării, ca: punte pentru măsurat rezistenţa prizelor la pămînt; megohmetru tranzistorizat de 2 500 V; aparat pentru măsurat rigiditatea dielectrică la ulei; instalaţie de încercat cabluri în curent continuu.

Comunicările prezentate în cele patru secţii de lucru au fost discutate de participanţii la consfătuire care s-au sprijinit în primul rînd pe experienţa acumulată în urma folosirii lucrărilor menţionate.

La secţia A — echipament electric în centrale, staţii şi reţele — (143 participanţi), lucrările prezentate s-au bucurat de interes din partea auditorului, ceea ce s-a remarcat prin faptul că în medie la fiecare lucrare au participat mai mult de cinci vorbitori.

Discuţiile s-au purtat la un nivel tehnic superior şi în special asupra probelor în sistem pe linia Luduş-Lemeşany, cum şi asupra probelor comparative ale întreruptorului IUP. De asemenea, s-a apreciat ca oportună extinderea defectoscopiei prin înaltă frecvenţă în toate întreprinderile regionale de electricitate, ca fiind o metodă relativ uşoară.

Participanţii la sesiune au semnalat necesitatea determinării practice pe bază de măsurări a parametrilor de calcul, în care scop este necesară fabricarea în ţară a instalaţiilor de înaltă tensiune de impuls.

Lucrările legate de aparatura executată ţinînd seamă de nevoile exploatării, ca: aparat pentru măsurat prizele de pămînt, receptor tranzistorizat pentru determinarea defectelor în cabluri, locatori prin impulsuri pentru cabluri, au trezit interes prin faptul că performanţele tehnice sînt la nivelul tehnicii actuale.

La secţia B — protecţie şi automatizări — (140 participanţi), au stîrnit interes echipamentele de telemecanică Telestat, aşteptîndu-se rezultatele care vor fi obţinute la introducerea la CHE Bicaz şi la alte centrale.

La secţia C — termoenergetică şi hidroenergetică — au fost 97 participanţi.

În mod deosebit s-a dezbătut problema performanţelor tehnice pozitive ale turnurilor de răcire cu tiraj forţat, de asemenea, introducerea controlului cromatografic ca metodă modernă pentru reglarea economică a arderii la cazanele de abur, decolmatarea lacurilor şi prizelor de apă.

La secţia D — regimuri de funcţionare ale sistemelor energetice — numărul participanţilor a fost de 41.

La această sesiune s-au ridicat următoarele probleme deosebite:

— utilizarea programelor efectuate la calculatoarele cifrice care constituie un pas important în activitatea I.R.M.E.;

— folosirea maselor de curent continuu la regionale;

— problema caracteristicilor economice ale centralelor termice.

În cuvîntul de încheiere s-a arătat că sesiunea oglindeşte creşterea nivelului de preocupări în cadrul Întreprinderii pentru raţionalizarea şi modernizarea instalaţiilor energetice şi, în acelaşi timp, prin contribuţia adusă de către participanţii la discuţii, s-au arătat maturizarea colectivului de ingineri şi tehnicieni din I.R.M.E. şi stadiul în care a ajuns întreprinderea, reflectînd în acelaşi timp modul cum această întreprindere ajută sistemul energetic din ţara noastră, la o dezvoltare cît mai armonioasă.

Pentru viitor rămîne ca o sarcină concretă, ca I.R.M.E. să se dedice operei de sprijinire cît mai completă a sistemului energetic, să facă studiile necesare la nivelul cel mai ridicat, iar cercetările pe care le va întreprinde să poată satisface introducerea de noi modele de aparatură, care să poată fi executate şi puse la dispoziţia întreprinderilor regionale de electricitate, centralelor electrice şi altor industrii.

G. C.

A IV-a sesiune de comunicări tehnico-ştiinţifice a Institutului de studii şi proiectări energetice, aprilie 1964

În zilele de 23 şi 24 aprilie 1964 s-au desfăşurat la Bucureşti lucrările celei de-a IV-a sesiuni de comunicări tehnico-ştiinţifice a Institutului de studii şi proiectări energetice. Au fost prezentate 40 de referate în care au fost arătate cele mai importante realizări tehnice şi ştiinţifice obţinute în anul 1963 de proiectanţii institutului în domeniile producerii, transportului şi distribuţiei energiei electrice (centrale termoelectrice, reţele şi sisteme electrice).

Datorită numărului relativ mare de comunicări şi specificului lor foarte variat, lucrările sesiunii s-au desfăşurat pe patru secţii de specialitate:

— Secţia I — Sisteme energetice, 9 referate;

— Secţia a II-a — Partea electrică a instalaţiilor electroenergetice, 11 referate;

— Secţia a III-a — Partea termomecanică a instalaţiilor electroenergetice şi de termoficare, 10 referate;

— Secţia a IV-a — Construcţii, 10 referate.

La consfătuire a participat un număr de invitaţi din M.M.E.E. şi întreprinderile dependente (T.C.M.E., I.S.P.H., U.P.D.E., I.R.M.E., şi întreprinderile regionale de electricitate), din Institutul de energetică al Academiei R.P.R., Centrul de documentare al Academiei R.P.R., Institutul de fizică atomică al Academiei R.P.R., institutele de învăţămînt superior, C.S.P., fabricile constructoare de echipament energetic etc.

Pe marginea referatelor prezentate s-au purtat interesante şi ample discuţii, care au contribuit la precizarea unor probleme ştiinţifice, tehnice şi economice şi au scos în evidenţă aspectele mai interesante şi mai actuale ale subiectelor tratate.

Au fost premiate 12 referate (cîte trei pentru fiecare secţie de specialitate).

În general, lucrările acestei sesiuni au arătat importantele progrese realizate în domeniul concepţiei energetice, atît în tratarea de ansamblu a problemelor complexe, cît şi în direcţia specializării de probleme de detaliu.

În acelaşi timp a rezultat o remarcabilă intensificare a preocupării proiectanţilor din I.S.P.E. pentru problemele de cercetare şi de introducere a soluţiilor tehnice moderne.

Dintre referatele prezentate în cadrul secţiei de sisteme energetice se menţionează următoarele, legate mai strîns de specialitatea electrotehnică :

În referatul : „Caracterul special al soluţiilor pe echivalente tipizate REI pentru formula de pierderi", tov. ing. *P. Dimo* evidenţiază caracterele noi şi diferite ale formulelor de pierderi pe echivalente tipizate REI (radial, echivalent, independent) ale sistemului cu sarcină unică, faţă de formulele de pierderi utilizate azi, asociate calculatorului numeric, printre care faptul că sînt deduse din considerarea evoluţiei pierderilor în ramurile echivalentului la schimbarea regimului. Există două categorii de ramuri în echivalent : ramuri alimentînd direct sarcina unică şi ramuri de legătură între centrale. Majoritatea pierderilor sînt localizate în prima categorie de ramuri pentru care pot fi stabilite componente mai exacte ale formulei de pierderi. După necesitate şi dorinţă se poate mări exactitatea formulei de pierderi prin exprimări diferite ale pierderilor în aceste ramuri sau prin modificarea constantelor pentru verificarea unor regimuri cunoscute. În afară de „dozarea" aproximaţiilor, echivalentul permite bogate considerente în legătură cu structura reţelei.

Specialistul este pus întotdeauna în faţa unui singur tip de reţea relativ simplă : „Echivalentul REI al sistemului cu sarcină unică, indiferent de complicaţiile şi complexitatea reţelei reale. Dacă acest echivalent tipizat a fost o dată studiat în detaliu, specialistul nu va avea niciodată de lămurit cazuri noi, ci de aplicat întotdeauna situaţii binecunoscute şi deja analizate pe schema simplă a echivalentului REI.

În referatul : „Folosirea calculului statistic şi probabilistic la studiul unor probleme privind dezvoltarea sistemelor energetice" ing. *V. I. Nitu* şi matematician *M. Brădescu* prezintă problemele energetice care pot fi rezolvate cu ajutorul calculului statistic şi probabilistic, arătîndu-se şi stadiul acestora în literatura de specialitate.

Se desprinde ca o problemă importantă „siguranţa" în funcţionare a sistemelor energetice.

În continuare se descrie o metodologie modernă de calcul probabilistic al siguranţei de funcţionare a sistemelor energetice, avînd la bază date statistice asupra avariilor diferitelor elemente ale sistemului. Pornind de la aceste date statistice, se stabilesc, cu ajutorul legilor clasice ale calculului probabilităţilor, formule pentru duratele probabile ale avariilor unui complex de agregate funcţionînd în paralel, cum şi pentru avariile unui complex de agregate conectate în serie.

Mai departe, folosind aceste rezultate, este descris un procedeu de calcul al probabilităţii de indisponibilitate a unui anumit nivel de putere, într-un sistem.

Studiul „siguranţei" sistemului decurge din compararea puterii, probabil, disponibile cu curba de sarcină a sistemului.

Cu privire la problema folosirii maşinilor electronice de calcul în studiul sistemelor energetice se menţionează referatele : „Studii şi rezultate în legătură cu utilizarea maşinilor electronice de calcul CIFA" de ing. *P. Iancovici*, ing. *M. Bogan*, ing. *St. Hückert* şi ing. *B. Ungureanu*, în care sînt prezentate rezultatele obţinute cu ajutorul maşinilor electronice de calcul CIFA, la unele probleme practice de funcţionare a sistemului energetic R.P.R., rezultate care au condus la concluzii importante privind :

— îmbunătăţirea protecţiei prin relee a liniilor şi staţiilor sistemului energetic ;
— alegerea parametrilor grupurilor generatoare din centralele mari ;
— funcţionarea interconectată cu ţările membre C.A.E.R. ;
— determinarea parametrilor necesari reglajului frecvenţă-putere ;
— îmbunătăţirea coeficientului de rezervă al stabilităţii statice în diferite zone ale sistemului energetic etc.

Metoda utilizată pentru calculul regimurilor dinamice se bazează pe analiza nodală aplicată reţelelor complexe (DIMO). De asemenea, în lucrare se prezintă modul cum au fost rezolvate cu ajutorul aceloraşi maşini calculul regimurilor staţionare de funcţionare a sistemului energetic, precum şi calculul admitanţelor totale şi de transfer în scheme complexe.

Atît pentru calculul regimurilor dinamice cît şi pentru calculul regimurilor staţionare şi al admitanţelor totale şi de transfer, se tratează metode de calcul şi particularităţi ale calculelor şi programelor utilizate (precizie, durată, date de intrare etc.).

În referatul : „Aspecte legate de introducerea maşinilor de calcul în probleme de planificare a reţelelor" de ing. *L. Groza* sînt prezentate posibilităţile noi care se deschid pentru studiile de planificare a reţelelor prin introducerea maşinilor electronice de calcul, în primul rînd în tratarea matematică a problemei datorită volumului mare de calcul ce poate fi efectuat şi posibilităţilor de automatizare a acestuia. Se arată pe scurt stadiul actual al calculelor în R.P.R.

După o prezentare a mersului general al unui asemenea studiu, se tratează problema reţelelor electrice, arătîndu-se aspectele care trebuie examinate pentru a se ajunge la descrierea tehnică a unor etape succesive a reţelelor (strategie).

Se stabileşte o organigramă a calculelor şi se arată căile practice de introducere a unor asemenea metode, folosind ca exemplu planul de perspectivă al reţelei R.P.R.

Dintre referatele cu specific electrotehnic prezentate în cadrul secţiei „partea electrică a instalaţiilor electroenergetice" se menţionează referatul : „Stabilirea parametrilor principali ai echipamentului de comandă, măsură şi semnalizare în condiţiile sistemului electroenergetic al R.P.R." de ing. *C. Negreanu* şi ing. *M. Popa*. Lucrarea îşi propune să schiţeze un plan tehnic de perspectivă în domeniul aparatajului de măsură, comandă şi semnalizare, care ar urma să fie fabricat în ţară parţial sau integral, pînă în anul 1970. Sînt analizate şi recomandate principalele caracteristici ale aparatelor de măsură indicatoare, integratoare şi înregistratoare, ale comutatoarelor de comandă şi universale pentru curenţi tari şi curenţi slabi, ale indicatoarelor de poziţie, casetelor şi lămpilor de semnalizare etc.

Performanţele recomandate sînt apropiate de cele mai noi realizări din străinătate, în limitele utilităţii în ţara noastră. În privinţa dimensiunilor s-a recomandat o gamă unitară aplicabilă şi la aparate de măsură şi control din alte domenii decît cel electric şi care ar conduce la o sistematizare importantă a panourilor şi pupitrelor de comandă. Sînt recomandate de asemenea unele perfecţionări ale sistemului de cablare.

În referatul : „Considerente asupra alegerii izolatoarelor pentru liniile electrice aeriene folosind statistica matematică, de ing. *E. Constantinescu*, se prezintă o soluţie nouă pentru alegerea lanţurilor de izolatoare folosite la liniile electrice aeriene şi la staţiile electrice de conexiuni.

Din punct de vedere mecanic, lanţurile de izolatoare se calculează la o anumită încărcare dată de vînt şi chiciură pe conductoare şi izolatoare, fără însă să se analizeze frecvenţa cu care pot să apară solicitări mai mari decît cele normate şi avînd în vedere un anumit coeficient de siguranţă faţă de forţa de rupere a unui element de izolator. Nu se a în considerare mărimea abaterilor care există întotdeauna între forţele de rupere rezultate din încercarea mai multor elemente şi media acestor forţe.

Din punct de vedere electric, lanţurile se dimensionează la tensiunea de conturnare la impuls sau tensiunea de ţinere, de asemenea fără a se lua în considerare în mod concret abaterile tensiunilor de conturnare faţă de valoarea medie.

În lucrare se expune o metodă de determinare a probabilităţilor de avariere a lanţurilor de izolatoare, pornind de la posibilitatea de apariţie a solicitărilor exterioare (vînt, chiciură, supratensiuni atmosferice) cunoscînd sub formă statistică caracteristicile mecanice (forţa de rupere) şi electrice (tensiunea de conturnare sau de ţinere) ale lanţurilor.

Pe baza unui exemplu concret, simplificat, se determină probabilitatea de rupere şi probabilitatea de conturnare a lanţului de izolatoare, suma acestor două probabilităţi fiind probabilitatea totală de avariere.

În concluzie, se arată că metodele actuale de dimensionare a lanţurilor de izolatoare pot să ducă, în anumite cazuri, la concluzii greşite şi că numai prin aplicarea integrală a metodelor statisticii matematice pot fi obţinute rezultate concludente. Pentru a fi însă posibilă aplicarea acestor metode, este necesar ca datele caracteristice ale elementelor şi lanţurilor de izolatoare să fie determinate şi exprimate sub formă statistică.

În continuare se dă lista tuturor referatelor care s-au prezentat în cadrul sesiunii.

Sisteme energetice

1. *P. Dimo*: Caracterul special al soluţiilor pe echivalente tipizate REI, pentru formula de pierderi.
2. *P. Militaru* şi *R. Bena*: Unele probleme din teoria reţelelor deduse şi generalizate pe cale matricială.
3. *G. Manolescu* şi *N. Bordeianu*: Considerente asupra treptelor de tensiune utilizate în reţelele de transport şi distribuţie din R.P.R.
4. *V. Nitu* şi *M. Brădescu*: Folosirea calculului statistic şi probabilistic la studiul unor probleme privind dezvoltarea sistemelor energetice.
5. *L. Groza*: Formule practice de calcul pentru fenomene de reglaj, variaţii de tensiune şi parametrii frecvenţă-putere ai sistemelor energetice.
6. *P. Dimo, G. Moraite* şi *St. Hückert*: Calculul curenţilor de scurtcircuit cu determinarea simultană a schemelor REI şi a imaginilor nodale.
7. *P. Iancovici, M. Bogan, St. Hückert* şi *B. Ungureanu*: Studii şi rezultate în legătură cu utilizarea maşinilor electronice de calcul CIFA.
8. *L. Groza*: Aspecte legate de introducerea maşinilor de calcul în probleme de planificare a reţelelor.
9. *N. Mişu* şi *I. Furman*: Eficienţa economică a uzinelor hidroelectrice din R.P.R.

Partea electrică a instalaţiilor electroenergetice

10. *C. Negreanu* şi *M. Popa*: Stabilirea parametrilor principali ai echipamentului de comandă, măsură şi semnalizare în condiţiile sistemului electroenergetic al R.P.R.
11. *P. Columbeanu* şi *L. Orendi*: Protecţia prin relee a reţelelor de înaltă tensiune cu derivaţie.
12. *H. Segal* şi *N. Petre*: Reducerea timpilor de funcţionare sub defect a instalaţiilor electroenergetice.
13. *B. Stoleru, J. Sfartz* şi *S. Birjaru*: Analiza evoluţiei tipizării staţiilor de transformare.
14. *M. Nistor, M. Vintilescu, R. Zbarcea* şi *M. Marinescu*: Evoluţia proiectării părţii electrice a centralelor termoelectrice mari în R.P.R.
15. *M. Stein, D. Liber* şi *R. Coposu*: Probleme actuale în legătură cu alimentarea serviciilor interne ale centralelor termoelectrice.
16. *E. Constantinescu*: Considerente asupra alegerii izolatoarelor pentru liniile electrice aeriene folosind statistica matematică.
17. *C. Petrescu* şi *I. Chiriţă*: Coordonarea coeficienţilor de siguranţă a diferitelor elemente constructive ale liniilor electrice aeriene.
18. *T. Dobrin, P. Raşcu, M. Vintilescu* şi *D. Voinea*: Considerente în legătură cu proiectarea şi realizarea staţiilor de transformare de foarte înaltă tensiune în R.P.R.
19. *I. A. Badea, N. Mirea, M. Semedrea* şi *P. Silvestru*: Evoluţia automatizării în centralele termoelectrice mari din R.P.R.
20. *D. Romanescu* şi *I. Curelea*: Automatizarea cazanelor de abur la centralele electrice din R.P.R.

Partea termomecanică a instalaţiilor electroenergetice şi de termoficare

21. *C. Moţoiu, M. Voinea, C. Petrea, M. Marinescu* şi *Al. Dima*: Soluţii adoptate la proiectarea centralei de termoficare Bucureşti-Sud.
22. *M. Voinea* şi *M. Beldiman*: Termoficarea oraşului Bucureşti. Realizări şi perspective.
23. *I. Săndulescu* şi *Gr. Halus*: Impurificarea atmosferei prin gazele de ardere de la centralele termoelectrice. Aspecte şi măsuri de combatere în R.P.R.
24. *C. Burducea* şi *C. Moţoiu*: Probleme în legătură cu dispoziţia degazoarelor în CTE de mare putere.
25. *St. Gheorghiu*: Influenţa felului combustibilului asupra construcţiei cazanelor de abur.
26. *H. Furtunescu, M. Voinea* şi *M. Beldiman*: Scheme optime pentru punctele termice din reţelele de termoficare.
27. *T. Grecu*: Alegerea parametrilor la instalaţiile de turbine cu gaze pentru centrale.
28. *A. Florescu*: Pompele termice şi domeniile lor de aplicare în R.P.R.
29. *H. Furtunescu* şi *N. Niculescu*: Încadrarea cazanelor de apă fierbinte în schemele reţelelor de termoficare.
30. *N. Vasilescu*: Considerente asupra instalării de putere de vîrf şi de rezervă în CET.

Construcţii

31. *M. Duminicatu* şi *O. Stavrescu*: Iluminatul de siguranţă în obiecte energetice.
32. *V. Marinescu* şi *M. Stoian*: Aspecte noi în proiectarea CET şi CTE legate de problema reducerii nivelului de zgomot industrial.
33. *N. Borza, O. Nedelcu* şi *Al. Hristoforov*: Stadiul actual al soluţiilor constructive la centralele termoelectrice mari.
34. *N. Posea* şi *M. Brădescu*: Folosirea maşinilor electronice de calcul la proiectarea structurilor unor construcţii energetice.
35. *M. Dumitrescu, Gh. Braşoveanu, D. Chiţu* şi *Fl. Stănculescu*: Soluţii constructive la centrale industriale de termoficare cu echipament din ţară.
36. *N. Velişcu, M. Iliescu* şi *M. Deleanu*: Prefabricarea clădirilor pentru staţii şi posturi electrice de transformare.
37. *A. Vaicum*: Studii teoretice şi experimentale privind fundaţiile încastrate pentru LEA.
38. *E. Bolki, S. Nunweiller* şi *D. Artănescu*: Tipuri noi de stîlpi din beton centrifugat precomprimat pentru linii electrice aeriene.
39. *E. Bolki, M. Olaru* şi *Gh. Calianu*: Elemente din beton armat centrifugat pentru cadrele şi suporţii de aparataj din staţii exterioare de 110—220—400 kV.
40. *T. Gereb*: Contribuţii la proiectarea fundaţiilor subacordate pentru turbogeneratoare.

E. Constantinescu

Cea de-a 29-a reuniune generală anuală a Comisiei electrotehnice internaţionale
Aix-les-Bains 19—30 mai 1964

Între 19 şi 30 mai 1964 s-au desfăşurat în Franţa la Aix-les-Bains, cea de-a 29-a reuniune generală anuală a celei mai vechi organizaţii profesionale a inginerilor electricieni: Comisia electrotehnică internaţională.

Într-adevăr, încă de la sfîrşitul secolului trecut, cîteva congrese internaţionale ale inginerilor electricieni recunoscuseră nevoia de a crea o organizaţie profesională internaţională permanentă, care să studieze metodic şi să dea soluţii în problemele puse de nevoia unor mijloace unificate de expresiune şi reprezentare, cum şi de nevoia standardizării produselor, a metodelor de măsură şi încercare şi a condiţiilor de securitate şi fiabilitate în toate domeniile electricităţii şi magnetismului. Înfiinţarea organizaţiei a fost hotărîtă la Congresul internaţional de electricitate ţinut în anul 1964 la Saint-Luis, în Statele Unite, iar înfiinţarea ei a avut loc în reuniunea a 13 state, ţinută în iunie 1906 la Londra, sub numele de Comisia electrotehnică internaţională (CEI), cu sediul la Londra. Cu întreruperi parţiale ale activităţii, dar fără soluţii ale continuităţii existenţei ei în cursul celor două războaie mondiale, CEI este deci cel mai vechi organism profesional internaţional al electricienilor.

În primul congres CEI, ţinut la Londra în octombrie 1908, s-au votat statutele prin care s-a hotărît printre altele ca fiecare ţară membră — mare sau mică — să aibă un singur Comitet naţional care să o reprezinte în Comisie şi deci un singur vot la CEI.

Dintre Reuniunile generale ţinute înainte de primul război mondial, le relevăm pe cele de la Torino (1911) şi Berlin (1913). În anul 1914 Comisia şi-a format patru Comitete de studiu (Terminologie, Simboluri grafice şi literale, Maşini electrice şi Motoare primare). În această perioadă, CEI a publicat primii termeni şi primele recomandări şi definiţii internaţionale privind maşinile şi aparatajul electric, primele simboluri literale pentru mărimi şi numiri ale unităţilor lor de măsură, definiţii privind turbinele hidraulice şi specificaţia privind cuprul-tip recopt.

După întreruperea impusă de primul război mondial, lucrările Comisiei au fost reluate în octombrie 1919, la reuniunea de la Londra. Creşterea constantă a volumului de muncă necesar, între cele două războaie mondiale, a impus organizarea mai strînsă a muncii în Comitetele de studiu proprii şi crearea unor organisme internaţionale distincte de CEI, cum sînt: Conferinţa internaţională a marilor reţele electrice CIGRÉ, înfiinţată în 1921 sub auspiciile CEI. În anul 1923, o dată cu ridicarea la 10 a numărului de Comitete de studii CEI, s-a înfiinţat Comitetul de acţiune CEI, format din preşedinte şi 7 preşedinţi de Comitete naţionale pentru CEI, spre a seconda lucrările Biroului central CEI şi a coordona lucrările Comitetelor naţionale şi ale celor de studiu. De asemenea, la reuniunea generală care s-a ţinut la New York în anul 1926, s-a hotărît ca secretariatul fiecărui Comitet de studii să fie încredinţat cîte unui Comitet naţional, pentru a descărca astfel Biroul central de lucrări de specialitate foarte înaintată şi pentru a reduce cheltuielile. Reuniunile au luat aspectul lor actual, adică au început să consiste în întrunirea unui anumit număr de Comitete de studiu şi eventual a Subcomitetelor lor, cum şi a Comitetului de acţiune şi a Consiliului CEI, care este format din cîte un singur delegat al fiecărei ţări membre.

Printre reuniunile generale CEI importante dintre cele două războaie mondiale sînt şi reuniunile din Bellagio şi Roma (1923), Copenhaga, Stockholm şi Oslo (1930), Praga (1934), Scheweningen şi Bruxelles (1935) şi Tosquay (Anglia), în 1938.

Dintre lucrările mari, elaborate de CEI pînă la cel de-al doilea război mondial „Vocabularul electrotehnic internaţional", publicat în prima ediţie în anul 1938, cu termenii în limbile franceză şi engleză, împreună cu definiţiile lor, a fost folosit ca orientare în prima elaborare a Lexiconului Tehnic Romîn, iar prima lui secţiune, care cuprinde termenii generali şi definiţiile lor, a fost publicată în revista Electrotehnica. La elaborarea Vocabularului au colaborat electricienii Mailloux, Luigi Lombardi, Paul Janet, Brylinski, Marchand, Wallot, de Artigas, Wüster şi alţii. Tot între cele două războaie mondiale trebuie amintite hotărîrile de la Stockholm din 1930 şi de la Scheweningen din 1935, privitoare la adoptarea termenului VAr, propus de regretatul academician Constantin Budeanu, pentru unitatea MKSA de putere reactivă a termenului Weber, pentru unitatea MKSA de flux magnetic şi hertz, pentru unitatea de frecvenţă şi hotărîrile privitoare la numirile de oersted şi gauss, maxwell şi gilbert, pentru unităţile CGS de intensitate a cîmpului magnetic şi inducţie magnetică, de flux magnetic şi tensiune magnetică. În aceeaşi perioadă, CEI a hotărît completarea coerentă a sistemului practic de unităţi MKS cu o a patra unitate, electromagnetică, iar în 1950, la Paris, a hotărît ca această a patra unitate să fie amperul, sistemul respectiv de unităţi fiind numit sistem Giorgi. Completat apoi cu Gradul Kelvin ca unitate de temperatură absolută şi cu candela ca unitate de luminanţă, sistemul a devenit actualul sistem internaţional SI, care are de cîţiva ani valabilitate legală şi în ţara noastră.

În aceeaşi perioadă s-au format numeroase Comitete mixte, pentru a coordona colaborarea CEI şi a evita paralelismele cu munca organizaţiilor internaţionale mai noi, create între cele două războaie. Astfel sînt Comitetul internaţional de material de tracţiune electrică şi Comitetul internaţional special de perturbaţii radioelectrice CISPR.

După o întrerupere de aproape şase ani, activitatea CEI a fost reluată după cel de-al doilea război mondial, la reuniunea ţinută la Paris în iulie 1946. S-au reorganizat numeroase comitete de studii şi s-a hotărît mutarea sediului CEI de la Londra la Geneva, ceea ce s-a realizat în februarie 1948.

O reuniune parţială ţinută în anul 1947, la Lucerna, a fost urmată de reuniuni generale ţinute la Stockholm (1948), la Stresa (1949), Paris (1950), Estoril (1951), Scheweningen (1952), Opatija (1953), Philadelphia (1954), Londra (1955) şi München (1956). Ţara noastră a fost reprezentată la această ultimă reuniune prin doi observatori şi a devenit membră CEI la începutul anului 1957. Ea a luat parte la reuniunile anuale de la Moscova (1957), Madrid (1959), New Delhi (1960), Interlaken (1961), Bucureşti (1962), Veneţia (1963) şi la reuniunea ţinută în anul acesta la Aix-les-Bains.

Numărul ţărilor membre CEI a crescut pînă la 38, iar al Comitetelor de studiu pînă la 56, cu un număr aproape tot atît de mare de subcomitete, în special din cauza dezvoltării sectoarelor de curenţi slabi, cum sînt electronica şi radiocomunicaţiile, dar şi a sectoarelor de radiaţii ionizate şi tratarea informaţiei. Numărul participanţilor la reuniunile generale a depăşit o mie. Pentru descongestionarea acestor reuniuni s-a hotărît ca anumite Comitete de studiu şi Subcomitete să ţină reuniuni izolate, între reuniunile generale. În cursul anului 1963 s-au reunit în acest fel 30 de Comitete şi Subcomitete, în afara reuniunii generale din mai-iunie, care s-a ţinut la Veneţia şi a întrunit 28 de Comitete şi Subcomitete, în afară de Consiliu, Comitetul de acţiune şi grupul consultativ pentru problemele de securitate.

Din cele 38 de Comitete naţionale ale ţărilor membre, au participat la lucrările reuniunii de la Aix-les-Bains 31 comitete, cu un număr de peste 1 000 delegaţi, însoţiţi de circa 330 membri de familie.

Delegaţia R.P.R. a fost formată din 13 delegaţi, sub conducerea acad. R. Răduleţ, cu specialişti trimişi prin următoarele instituţii:

Academia R.P.R.;
Oficiul de Stat pentru Standarde;
Ministerul Industriei Construcţiilor de Maşini;
Ministerul Învăţămîntului;
Ministerul Minelor şi Energiei Electrice;
Comitetul de Radioteleviziune.

Au fost reprezentate şi Organizaţia Internaţională de Standardizare (ISO) şi Conferinţa Internaţională a Marilor Reţele Electrice (CIGRÉ).

Lucrările au fost conduse de profesorul G. de Zoeten, președintele Comisiei electrotehnice internaționale, ajutat de ultimii doi foști președinți : dr. I. Herlitz și dr. P. Dunsheath, sprijiniți de trezorierul, secretarul general și secretarul general adjunct al Comisiei.

Organizarea reuniunii a fost încredințată Comitetului Național Francez pentru CEI.

Mijloacele materiale au fost puse la dispoziție în parte de statul francez, dar în principal de întreprinderile franceze de electricitate.

Reuniunea a prezentat avantajul unei bune concentrări a activității. Lucrările celor mai multe comitete tehnice s-au desfășurat la reședința Bernascon. Vreo cîteva comitete au lucrat la Casinoul Aix-les-Bains, iar reuniunile Comitetului de acțiune și Consiliului CEI s-au ținut la hotelul Splendide-Royal.

Lucrările de specialitate s-au desfășurat ca și în trecut în ședințele comitetelor tehnice, a subcomitetelor și a grupurilor de lucru, conform programului difuzat țărilor membre în cursul lunilor februarie-martie 1964, care a fost executat, practic, integral. Au lucrat 23 de comitete tehnice, 12 subcomitete și 33 grupuri de lucru. De asemenea, au lucrat unitățile pentru fiabilitate (ACET) și securitatea personalului și materialului (APSM).

Dintre organele de conducere ale Comisiei, Comitetul de acțiune a ținut două ședințe în cursul reuniunii : la 22 mai și la 30 mai, iar Consiliul o reuniune — la 30 mai 1964.

Comitetul de acțiune a luat hotărîri privitoare la colaborarea cu alte organizații internaționale (CEE, ISO, CIGRÉ, IOCU), a stabilit sau modificat domeniile de activitate ale unor comitete tehnice (CT 35 — Pile; CT 4 — Turbine hidraulice; CT 5 — Materiale izolante; CT 50 — Încercări climatice) sau ale altor organe, compoziția Comitetului consultativ de electronică și telecomunicații (ACET) și a Grupului consultativ pentru probleme de securitate (APSM). A numit noi președinți ai unor comitete tehnice și subcomitete. Tov. ing. Valerian Ciofu din delegația R.P.R. a fost numit președinte al Subcomitetului 31 B — Materiale izolante pulverulente.

Comisia fiind invitată de a fi reprezentată printr-un delegat oficial la Sesiunea Conferinței Mondiale a Energiei, care se va ține la Lausanne, de la 13 la 17 septembrie 1964, Comitetul de acțiune a delegat în acest scop pe prof. R. Răduleț (Romînia).

Comitetul a examinat și aprobat apoi proiectele de recomandări internaționale elaborate de comitetele tehnice în intervalul iulie 1963 — mai 1964, pentru a fi supuse votului Comitetelor naționale membre după Regula celor 6 luni și după Procedura celor 2 luni — în total 140 lucrări.

În ședința Consiliului s-a prezentat Raportul anual al Secretariatului General privitor la activitatea Comisiei în intervalul iunie 1963 — iunie 1964. S-a confirmat ca viitoarea reuniune CEI să aibă loc la Tokyo (Japonia), la începutul lunii octombrie 1965 și s-a hotărît ca pentru anul 1966 să se accepte invitația Comitetului Național al Izraelului (septembrie-octombrie 1966) și s-au prezentat invitații de a se ține reuniunile din 1967 și 1968 în Turcia și Cehoslovacia. S-a aprobat apoi bugetul Comisiei pe anul 1965, la nivelul de 950.000 franci elvețieni.

S-a hotărît să se înființeze un comitet permanent de colaborare cu Organizația Internațională de Standardizare (ISO) și să se facă informări mutuale asupra lucrărilor în domenii în care s-ar putea produce suprapuneri.

S-au acceptat apoi propunerile și hotărîrile Comitetului de acțiune din cursul reuniunii, inclusiv cele privitoare la directivele de elaborare a celei de-a treia ediție a Vocabularului Electrotehnic Internațional.

S-a comunicat acceptarea Comitetului Național al R.P.D. Coreene ca membru nou al CEI.

S-a trecut la prezentarea și alegerea noului președinte al CEI, pe perioada statutară 1964—1967. Prezentarea singurului candidat, prof. R. Răduleț (Romînia), a fost făcută de profesorul G. de Zoeten, fostul președinte. Alegerea a fost făcută prin aclamații, iar cel ales a arătat în răspunsul său, meritele antecesorilor și sarcinile care stau în fața Comisiei în cursul mandatului său de trei ani. Predecesorii profesorului R. Răduleț sînt, în afară de G. de Zoeten (Olanda), dr. I. Herlitz, cunoscutul specialist de la ASEA (Suedia) și dr. P. Zunsheath (Anglia). Primul președinte CEI a fost cunoscutul electrician Lord Kelvin (Anglia), urmat printre alții de Elihu Phomson (S.U.A.), Maurice Leblanc (Franța), G. Semensa și L. Lombardi (Italia), Clarence Feldmann (Olanda), C. O. Mailloux și H. Osbore (S.U.A.).

S-au ales apoi noul trezorier al CEI, în persoana ing Knowles (Anglia), cum și trei noi țări în Comitetul de acțiune — Australia, Canada și Italia, în locul Canadei, Franței și Germaniei al căror mandat a expirat.

Prof. R. Răduleț a fost delegat să reprezinte CEI la Sesiunea a XX-a CIGRÉ, la Paris, în intervalul 1—10 iunie 1964, împreună cu fostul președinte I. Herlitz.

Programul vizitelor tehnice a prevăzut următoarele unități : Compagnie Industrielle des Télephones (Aix-les-Bains), Merlin-Gerin (Grenoble), Les Câbles de Lyon, Barrage de Roselend, Centrale de la Bathie, Le Materiel Electrique, Usine Savoisienne (Aix-les-Bains), Barrage de Tignes, Centrale de Malgovert, T.S.F. Compagnie Générale de Télégraphie sans fil (Saint Egreve), Barrage et Usine de Moteynard, Compagnie Gén. de Metrologie (Annecy), Usine Pechiney (Saint-Jean-de Maurienne).

Manifestările sociale au avut un caracter asemănător cu al celor de la ultimele reuniuni generale.

Acad. R. Răduleț

A XX-a sesiune a conferinței internaționale a marilor rețele electrice (CIGRÉ).

Între 1 și 10 iunie 1964, a avut loc la Paris a 20-a sesiune bienală a CIGRÉ la care au luat parte aproape 2 200 delegați din toată lumea.

Țara noastră a fost reprezentată prin prof. Cornel Penescu, membru corespondent al Academiei R.P.R. ; Paul Dimo, membru corespondent al Academiei R.P.R., inginer specialist la ISPE ; Emil Constantinescu, conferențiar universitar, director tehnic la ISPE ; Liviu Groza, inginer șef la ISPE, Constantin Apetrei, conferențiar universitar, și Eugen Pantea ing. șef la TCME.

Au fost prezentate numeroase referate deosebit de interesante, dintre care menționăm următoarele :

— „Generatoare antrenate de turbine termice și hidraulice de mare putere și cu un grad ridicat de utilizare, sistemele lor de răcire, caracteristici și parametri" de M. P. Kostenko, E. Ya. Kazovski, N. P. Ivanov, L. Ya. Stanislavsky și K. F. Potekhin (U.R.S.S.);

— „Probleme moderne de turbo-alternatoare de mare putere" de G. Darrieus (Franța);

— „Traversarea mării interioare din Seto printr-o linie de transport de energie electrică" de K. Hayashi (Japonia);

— „Traversări importante de fluvii cu deschidere mare și la tensiune înaltă, în Marea Britanie" de R. H. Coates, G. B. Jackson, D. A. Davis, A. Erskine, R. C. Brown și G. Orawski" (Anglia);

— „Probleme relative la concepția aparatelor pentru rețele de foarte înaltă tensiune de 765 kV" de K. Jagsich (Austria) și L. Erhart (Elveția);

— „Transportul energiei electrice în S.U.A. Prevederi pentru anul 2 000".

Dintre delegații noștri, au prezentat rapoarte tov. prof. Cornel Penescu și Paul Dimo.

Primul, a expus în grupa 31 caracteristicile constructive și de funcționare pentru un releu de tip nou cu tranzistoare, construit în R.P.R. de Institutul politehnic din București sub îndrumarea raportorului. Această realizare se numără printre cele mai moderne tipuri de relee construite în prezent în lume.

Tov. Paul Dimo, în cadrul grupei 32, a făcut o prezentare succintă a „analizei nodale" cunoscută şi aplicată în R.P.R., metodă elaborată de raportor, în care s-au arătat şi rezultatele obţinute în ISPE. Metoda a fost apreciată pozitiv de raportorul special al grupei 32 (M. Magnien). De asemenea, delegaţii norvegieni şi polonezi au menţionat această metodă în cadrul discuţiilor, arătînd că au ajuns la concluzii asemănătoare.

Delegaţii noştri au participat activ la discuţii în cadrul şedinţelor plenare şi ale comitetelor de studii prin propuneri şi observaţii, care au fost apreciate ca interesante şi reţinute de cei prezenţi.

Această manifestare, în afară de importanţa sa tehnico-ştiinţifică, a reprezentat un prilej de strîngere a relaţiilor între oamenii de ştiinţă şi inginerii specialişti în probleme de reţele, înscriindu-se astfel în acţiunea permanentă a statului nostru de întărire a cooperării internaţionale în domeniul tehnico-ştiinţific.

Emil Constantinescu.

SCURTE ŞTIRI

Puterea limită a unui transformator de generator trifazat cu o cuvă în execuţie transportabilă pe cale ferată este în prezent de circa 400 MVA, la o tensiune secundară de 400 kV. Pentru aceeaşi tensiune nominală puterea limită a unităţilor monofazate transportabile a atins 220 MVA, adică de 660 MVA pentru un grup (banc) trifazat complet.

ETZ-B 16, nr. 13, 1964, p. 342.

Un pol al întreruptorului de 735 kV, 2 000 A şi 35 GVA, cu o tensiune de ţinere la impuls de 2 200 kV, are 14 camere de stingere montate pe 7 coloane izolante, avînd la baza fiecăreia un rezervor sferic de aer comprimat, înălţimea totală 8,20 m, lungimea 12 m. Întreruptorul, construit de firma suedeză ASEA pentru reţeaua de 735 kV din Canada, este prevăzut a funcţiona la o temperatură ambiantă de — 55°C şi vînturi cu viteze pînă la 45 m/s.

ETZ-B 16, nr. 13, 1964, p. 348.

Pentru transmisia de 735 kV din Canada, mai multe case constructoare europene au dezvoltat echipament electric corespunzător, care a fost expus recent la tîrgul de mostre de la Hanovra.

Întreruptoarele de înaltă tensiune dinamică în evoluţie sînt caracterizate prin greutăţi relativ reduse la dimensiuni impresionante. Înălţimea unui singur pol dată de izolaţie faţă de pămînt întrece 8 m, iar lungimea 12—16 m, depinzînd de construcţia camerelor de stingere dispuse orizontal, în linie sau în zigzag. Se beneficiază în continuare de principiul elementelor constructive care a dat bune rezultate la elaborarea echipamentului de 500 kV. Se constată tendinţe de mărirea puterii de rupere la toate treptele de tensiune.

Un întreruptor cu tensiunea maximă 765 kV (normalizată de CEI) pe numai 6 coloane (12 camere de stingere) 2 000 A şi 40 kAr a fost construit de Casa Delle (Franţa) Dimensiunile sînt 8 × 16 × 3 m, iar greutatea 17 t. Distanţa dintre polii montaţi este de 9 m.

Creşterea puterii de rupere a întreruptoarelor s-a obţinut de casa BBC din Elveţia prin desfacerea procesului de întrerupere în faza de stingere a arcului, urmată imediat de faza de separare. Un întreruptor de 110 kV de tip DK are o singură coloană pe pol. Coloana izolantă poartă deasupra rezervorului de aer comprimat sferic două camere de rupere suprapuse, legate în serie cu o cameră de separare dispusă orizontal. În paralel cu camerele de rupere se află cîte o rezistenţă mică, iar în paralel cu cele de separare, o rezistenţă mare. Camerele stau tot timpul, afară de faza de stingere, sub presiunea de 21 at. Întreruptoarele de 750 kV, care se află în construcţie, vor avea şase coloane (12 camere de rupere şi şase camere de separare.)

Hexafluoridul de sulf (SF_6), gazul dezionizat se introduce în construcţiile moderne de întreruptoare de înaltă tensiune. Un întreruptor de 220 kV de concepţie nouă, construit de casa Siemens-Schukert, are două coloane cu cîte două camere de stingere dispuse orizontal, avînd dedesubt condensatoare pentru repartiţia uniformă a tensiunii pe contactele deschise. Gazul SF_6 se utilizează în camere ca izolant la presiunea de 4 at, iar ca mijloc de stingere, la presiunea de 17 at. Întreruptorul are un curent nominal de 2 000 A şi o putere de rupere de 15 kVA la dimensiuni relativ reduse (lungimea 5,4 m).

ETZ-B 16, nr. 13, 1963.

Un divizor capacitiv de 200 VA, clasa de precizie 0,5 pentru tensiunea nominală de 750 kV (normală în U.R.S.S.) a fost construit de firma suedeză ASEA din 26 condensatoare de 110 000 pF de o tensiune $27/\sqrt{3}$ kV conectate în serie şi montate pe un trepied izolant

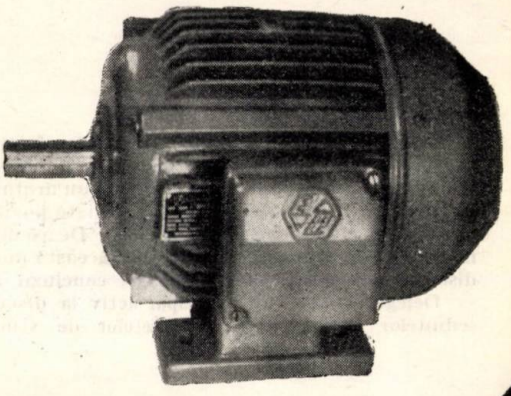
ETZ-B 16, nr. 13, 1964, p. 346

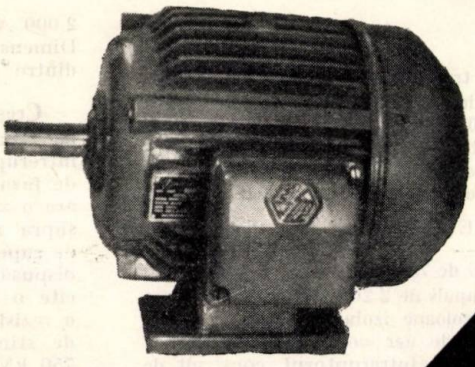
COMITETUL DE REDACŢIE

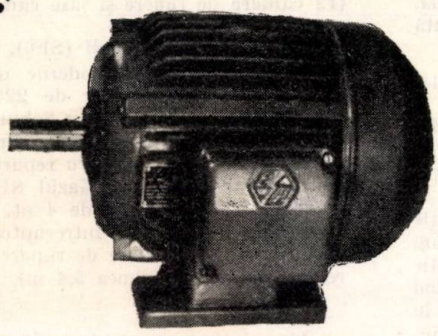
Prof. dr. ing. Pl. Andronescu; prof. dr. ing. I. S. Antoniu, membru coresp. al Acad. R. P. R.; acad. dr. ing. A. Avramescu — redactor responsabil; ing. V. Bunea; ing. V. Ciofu; prof. dr. ing. V. Corlăţeanu; ing. Al. Greceanu; ing. Şt. Grosu; conf. ing. G. Hortopan — redactor responsabil adjunct; conf. ing. G. Lazaride; ing. A. Popa; prof. ing. Cristina Popescu ing. Vl. Popovici; acad. prof. dr. ing. R. Rădulet; ing. St. Ţiganetea; ing. R. Vlădoianu.

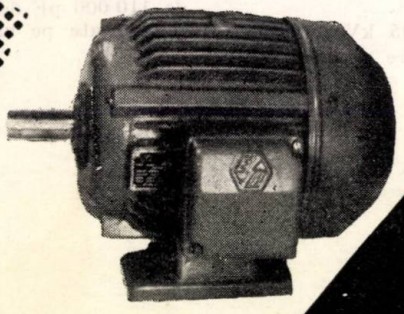
Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Ministerului Industriei Construcţiilor de Maşini şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R. P. R. — Redacţia şi administraţia, Bucureşti, str. Ion Ghica nr. 3. Raion Tudor Vladimirescu. Telefon: 13. 84. 16. Revista este editată de M. I. C. M. Abonamentele se primesc la administraţia revistei. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicaţiile tehnice M.I.C.M. — cont 026002 B. R. P. R. — Filiala 30 Decembrie, Bucureşti. Tarif pentru întreprinderi lei: 100 anual; tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri; lei 30 anual. Costul unui exemplar lei 5. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică „13 Decembrie 1918" str. Grigore Alexandrescu nr. 93 — 95. Bucureşti, c. 1538.

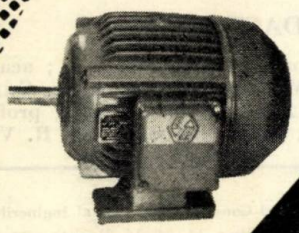
UZINA
ELECTROPRECIZIA
SĂCELE – REGIUNEA BRAȘOV











Produce un bogat sortiment de motoare electrice asincrone trifazate cu rotor în scurtcircuit, pentru puteri de la 0,6 la 13 kW și cu turații de la 750 la 3 000 rot/min, precum și echipament electric pentru tractoare și mașini auto

SOMMAIRE

CD 621.312.001.2 (498)

Le développement de l'industrie électrotechnique dans la République Populaire Roumaine durant les années de l'état populaire.

Electrotehnica *12*, no. 8, août 1964, p. 281 — 282

CD 621.313.323.002.2 (498)

Cristea, N. : **La corrélation des paramètres et de la construction des moteurs avec celle des générateurs pour la série unitaire de machines synchrones de 200—1 000 kVA.**

Electrotehnica *12*, no. 8, août 1964, p. 283 — 286

On expose plusieurs problèmes concernant la réalisation de moteurs et de générateurs synchrones selon une série unique de construction.

CD 621.313.042

Bunea, V. et *Flueraşu, S.* : **Le bobinage en Z — un nouveau type de bobinage pour les machines électriques.**

Electrotehnica *12*, no. 8, août 1964, p. 286 — 289

On présente un nouveau type de bobinage pour les machines électriques, dont le trait distinctif est la forme en Z de l'un des côtés de la bobine. La tête de la bobine est en développante avec la boucle de retour située en position extrême latérale.

CD 621.313.3 — 573 : 621.317.643

Drăgănescu, O., Cîmpeanu, A., Galbenu, G. et *Stamate, S.* : **Recherches expérimentales sur la caractéristique du démarrage des machines électriques rotatives synchrones et asynchrones.**

Electrotehnica *12*, no. 8, août 1964, p. 289 — 294

On examine les caractéristiques M = f (s) des machines synchrones et asynchrones. Pour les machines synchrones on étudie la dépendance du couple pendant le démarrage en fonction de la tension et de la résistance avec laquelle l'enroulement d'excitation est en connexion. En ce qui concerne les machines asynchrones, on analyse la caractéristique M = f (s) en fonction du type de l'encoche et de son inclinaison.

CD 621.315.43.002.3

Lică, V. : **Réalisations et perspectives dans la fabrication des conducteurs de bobinage isolés à l'aide des émaux synthétiques.**

Electrotehnica *12*, no. 8, août 1964, p. 294 — 304

L'auteur passe en revue les réalisations obtenues dans la fabrication des conducteurs émaillés. Il indique les types de conducteurs émaillés, les technologies appliquées, les essais de modernisation de la fabrication, les propriétés des conducteurs émaillés, ainsi que les perspectives de cette fabrication.

L'ACTIVITÉ DE RECHERCHE

CD 621.316.722.1 — 523.2.076.1 : 621.322 — 82

Finţescu, D. : **Régulateurs automatiques de tension et de puissance réactive pour hydrogénératrices.**

Electrotehnica *12*, no. 8, août 1964, p. 305

CD 621.317.384.017.7 : 538.632

Fränkel, D. et *Sabata, I.* : **Le mesurage des pertes par l'effet Joule-Lenz dans les réseaux triphasés à générateur Hall.**

Electrotehnica *12*, no. 8, août 1964, p. 306 — 307

COMPTES RENDUS 307—308

EXTRAITS 308—309

CHRONIQUE 309—315

BRÈVES NOUVELLES 315

TITLURI DOCUMENTARE

CZ 621.3. ELECTROTEHNICĂ GENERALĂ

CZ 621.3.014.31.064 : 621.316.54.06.027.2

Fehling, H. : **Noţiuni noi despre arcuriie de declanşare a forţelor de intensitate cu disjunctoare de joasă tensiune.** În : Electrotehn. Z. (ETZ-A) **85**, nr. 5, 6 mai 1964, p. 133—138, 11 fig., 14 ref. bibl.

CZ 621.3.042.2 : 621.313

Reiche, H. : **Contribuţie la întrebuinţarea tolelor texturate în construcţia de maşini electrice.** În : Elektrie **17**, nr. 10, oct. 1963, p. 322—325, 4 fig. 2 tabl., 6 ref. bibl.

CZ 611.313

MAŞINI ELECTRICE DE CURENT CONTINUU ŞI ALTERNATIV. GENERATOARE. MOTOARE.

CZ 621.313.013

Ranciota, G. M. : **Cîmpurile electromagnetice în maşinile rotative.** În : Elettrotecnica **50**, nr. 8 bis, august 1963, p. 567—577.

CZ 621.313.016.37 : 62 — 213.44

Heiles, F. : **Demarajul dificil al maşinilor antideflagrante de tip „securitate mărită".** În : Elektrotehn. Z. (ETZ-A) **85**, nr. 3, 7 febr. 1964, p. 88—90, 2 fig., 5 ref. bibl.

CZ 621.313.13 : 538.212

Bausch, H., Jordan, H. şi *Lorenzen, H. W.* : **Demarajul motoarelor cu reluctanţa avînd motorul cu tole.** În : Elektrotechn. Z. (ETZ-A) **85**, nr. 6, 20 mai 1960, p. 170—172, 5 fig., 1 tabl., 8 ref. bibl.

CZ 621.313.322.015.1 : 621.016.33

Rumpel, D. şi *Ziegmann, I.* : **Căderea tranzitorie a tensiunii la o anclanşare în sarcină la un alternator sincron deja încărcat.** În : Elektrotechn. Z. (ETZ-A) **85**, nr. 6, 20 mai 1964 p. 173—176, 6 fig., 10 ref. bibl.

CZ 621.313.333

Idelberger, K. : **Inductor trifazat liniar; formă specială nouă a motorului asincron trifazat.** În : Elektrotechn. Z. (ETZ-B) **16**, nr. 5, 28 febr. 1964, p. 105—109, 7 fig., 7 ref. bibl.

CZ 621.313.333.201.24 : 681.142 — 523.8

Bahm, E. : **Proiectarea maşinilor electrice cu calculatoare numerice.** În : E. und M. **80**, nr. 19/20, oct. 1963, p. 441—447, 3 fig.

CZ 621.314. TRANSFORMAREA ENERGIEI ELECTRICE. TRANSFORMATOARE. CONVERTIZOARE. REDRESOARE

CZ 621.314.5 : 621.382

Kapusta, A. S. şi *Rapata, L.M.* : **Convertizoare cu semiconductori.** În : Avtomatika, telemehanika i sveaz **7**, nr. 9, sept. 1963, p. 1—7, 11 fig., 1 tabl.

CZ 620.314.5.026.442

Pelc, K. şi *Tore, P. A.* : **Convertoare de putere din curent continuu în curent alternativ, echipate cu două transformatoare.** În : Elektron. Engng. **35**, nr. 429, nov. 1963, p. 742—745, 8 fig., 7 ref. bibl.

CZ 621.314.6.003

Nikolaev, I. V. : **Regimul tehnico-economic de funcţionare a instalaţiilor de redresare.** În : Prom. energhetika **18**, nr. 9, sept. 1963, p. 2—4, 2 fig., 2 tabl.

CONTENTS

DC 621.312.001.2 (498)

The development of the electrotechnical industry under the popular democratic regime in the R.P.R.

Electrotehnica *12*, nr. 8, august, 1964, p. 281—282

DC 621.313.323.002.2 (498)

Cristea, N. : **The correlation of the parameters and construction of engines and generators within the framework of a unitary series of synchronous machines with powers of** 200—1 000 **KVA.**

Electrotehnica *12*, nr. 8, august 1964, p. 283—286

The author discusses some problems connected with the realization of a series of synchronous engines and generators in a unitary constructive series.

DC 621.313.042

Bunea, V. and *Flueraşu, S.* : **The Z-winding — a new type of winding for electrical machines.**

Electrotehnica *12*, nr. 8, august 1964, p. 286—289

One presents a new type of winding for electrical machines characterized by the fact that one of the coil sides is Z-shaped. The coil head is in evolute but the reversing loop is situated in an extreme lateral position.

DC 621.313.3 — 573 : 621.317.643

Drăgănescu, O., Cîmpeanu, A., Galbenu, G. and *Stamate, S.* : **Experimental researches concerning the starting characteristic of synchronous and asynchronous electrical rothary machines.**

Electrotehnica *12*, nr. 8, august 1964, p. 289—294

The characteristics M = f (s) in synchronous and asynchronous machines are examined. As far as synchronous machines are concerned, one examines the dependence of the couple during the starting on the tension and resistance to which the exciting winding is connected. With respect to asynchronous machines one examines the characteristic M = f (s) depending on the slot type and inclination.

DC 621.315.43.002.3

Lică, V. : **Achievements and prospects in manufacturing winding conductors insulated with synthetic enamels.**

Electrotehnica *12*, nr. 8, august 1964, p. 294—304

The author describes the achievements obtained in manufacturing enamelled conductors. The aspects presented include the types of enamelled conductors produced, technologies applied concerns for the modernization of manufacturing processes, properties of enamelled conductors and developmental prospects of their production.

FROM THE RESEARCH ACTIVITY

DC 621.316.722.1 — 523.2.076.1 : 621.322 — 82

Finţescu, D. : **Automatic voltage — and reactive power regulators for hydrogenerators.**

Electrotehnica *12*, nr. 8, august 1964, p. 305

DC 621.317.384.017.7 : 538.632

Fränkel, D. and *Sabata, I.* : **Measuring the losses by Joule-Len zeffect in three-phase networks with Hall generator.**

Electrotehnica *12*, nr. 8, august 1964, p. 306—307

REVIEWS 307—308

REPORTS 308—309

CHRONICLE 309—315

BRIEF NEWS 315

CZ 621.314.63

Hamerak, K. : **Funcţionarea şi posibilităţile de utilizare a redresorului cu siliciu comandat.** În : Energ. und Techn. **15**, nr. 10, oct. 1963, p. 412—415, 6 fig., 10 ref. bibl.

CZ 621.315 **TRANSMISIA ENERGIEI ELECTRICE. LINII AERIENE. CABLURI SUBTERANE. CONDUCTOARE. MATERIALE IZOLANTE.**

CZ 621.315.61.001.4 : 543.544.25

Stoll, P. ş.a. : **Cromatografia de gaze ca mijloc auxiliar pentru cercetarea dielectricilor, ţinîndu-se seamă în special de determinarea apei din uleiuri.** În : Schweiz. Arch. **29**, nr. 7, iulie 1963, p. 225—234, 10 fig., 4 tabl., 14 ref. bibl.

CZ 621.315.611 : 537.521.7

Eberhardt, M. : **Influenţa structurii materialelor izolante solide asupra tensiunii lor de străpungere.** În : Elektrie **17**, nr. 10, oct. 1963, p. 333—334, 4 fig., 3 ref. bibl.

CZ 621.315.616.9.001.5 : 536.495

Voss, M. : **Încercări comparative asupra rezistenţei la căldură a materialelor izolante.** În : Elektrotechn. Z. (ETZ-B) **16**, nr. 7, martie 1964, p. 154—160, 4 fig., 7 ref. bibl.

CZ 621.316 **DISTRIBUŢIA ENERGIEI ELECTRICE. REŢELE DE DISTRIBUŢIE. TABLOURI DE DISTRIBUŢIE. REGLAREA MĂRIMILOR ELECTRICE. PROTECŢIA APARATELOR**

CZ 621.316.5 : 621.382.3

Joung, J. F. : **Comutarea de sarcini inductive prin intermediul tranzistoarelor.** În : Brit. Comun. and Electron. **10**, nr. 11, nov. 1963, p. 844—847, 11 fig., 2 ref. bibl.

CZ 621.316.54.001.4

Tonolio, S. B. ş.a. : **Încercări de tip pe întreruptoare la curent de suprasarcină. Elementele circuitului de încercare.** În : L'Elettrotecnica **50**, nr. 8, aug. 1963, p. 479—490, 9 fig.

CZ 621.316.5.001.4 : 621.315.1.027.3

Joung, A.F.B. şi *Ellis, M. S.* : **Scurtcircuitul pe o linie scurtă. O probă riguroasă pentru întreruptoarele moderne.** În : Electr. Rev. 173, nr. 8, 23 aug. 1963, p. 271—274, 7 fig.

CZ 621.316.54.027.3.001.4

Hochrainer, A. : **Echivalenţa montajelor de încercare pentru disjunctoarele de puteri de înaltă tensiune.** În : Elektrotechn. Z. (ETZ-A) **85**, nr. 6, 20 martie 1964, p. 180—184, 4 fig.

CZ 621.316.542.064.25

Melkumov, A.M. : **Întreruptoare cu volum de ulei redus.** În : Elektrotechnika **34**, nr. 10, octombrie 1963, p. 6—10, 5 fig.

CZ 621.316.542.066.6.004.6.001.5

Keil, A. : **Asupra fenomenelor de uzură datorite frecării uscate pe piesele de contact.** În : Elektrotechn. Z. (ETZ-B) **16**, nr. 7, 27 mai 1964, p. 161—166, 8 fig., 6 ref. bibl.

CZ 621.317 **TEHNICA MĂSURILOR ELECTRICE. APARATE DE MĂSURĂ**

CZ 621.317.7 : 621.316.8 : 621.52

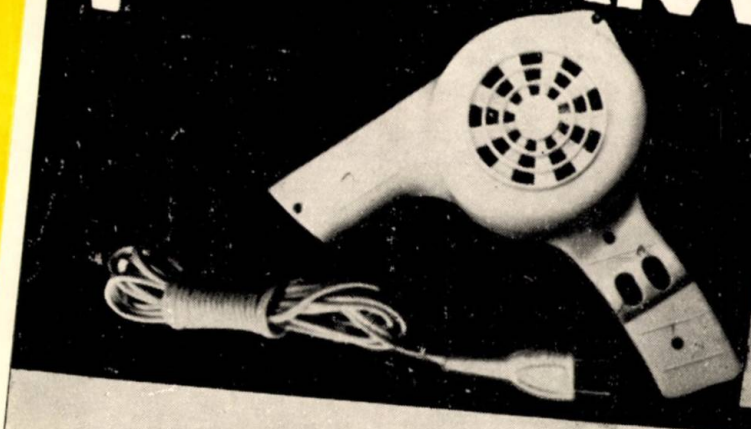
Zuzanek, J. : **Rezistenţe de precizie pentru tehnica măsurării şi reglării.** În : Automatizace, **6**, nr. 10, oct. 1963, p. 263—264, 3 fig., 2 ref. bibl.

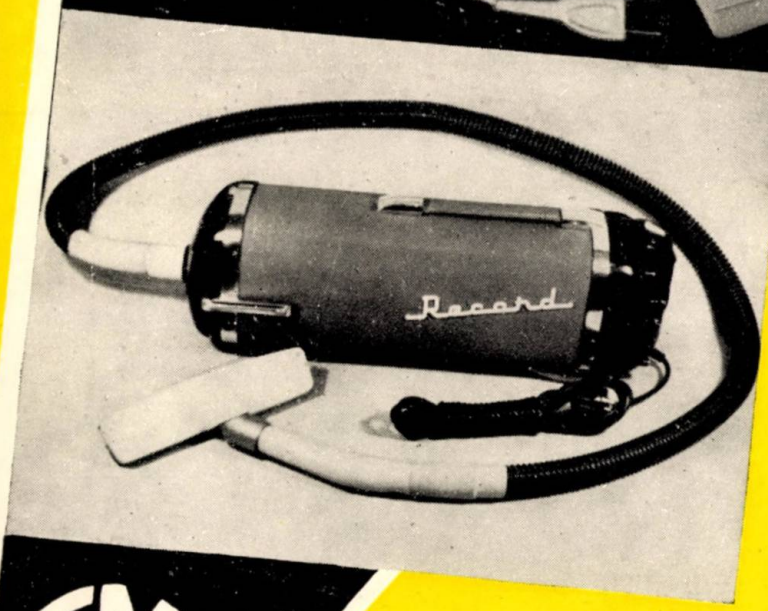
CZ 621.317.785.016.25 : 621.314.57 : 621.382.3

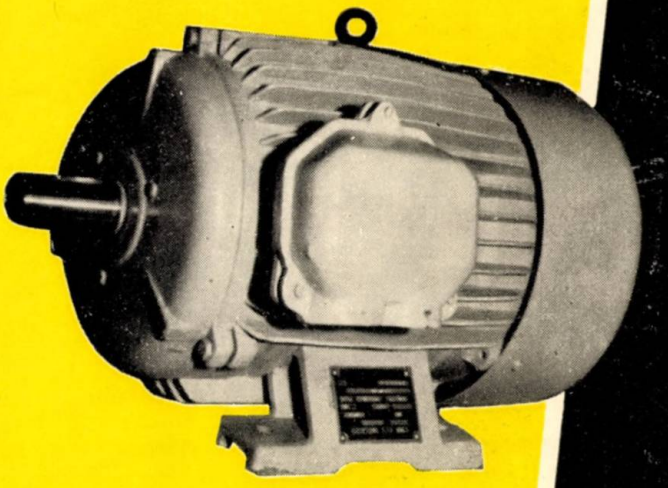
Moczala, H. : **Un contor de energie aparentă cu ondulator cu tranzistori.** În : Elektrotechn. Z. (ETZ-A) **85**, nr. 3, 7 febr. 1964, p. 83—87, 8 fig. 3 ref. bibl.

MŰSZAKI KÖNYVTÁR

Întreprinderea ELECTROMOTOR TIMIȘOARA

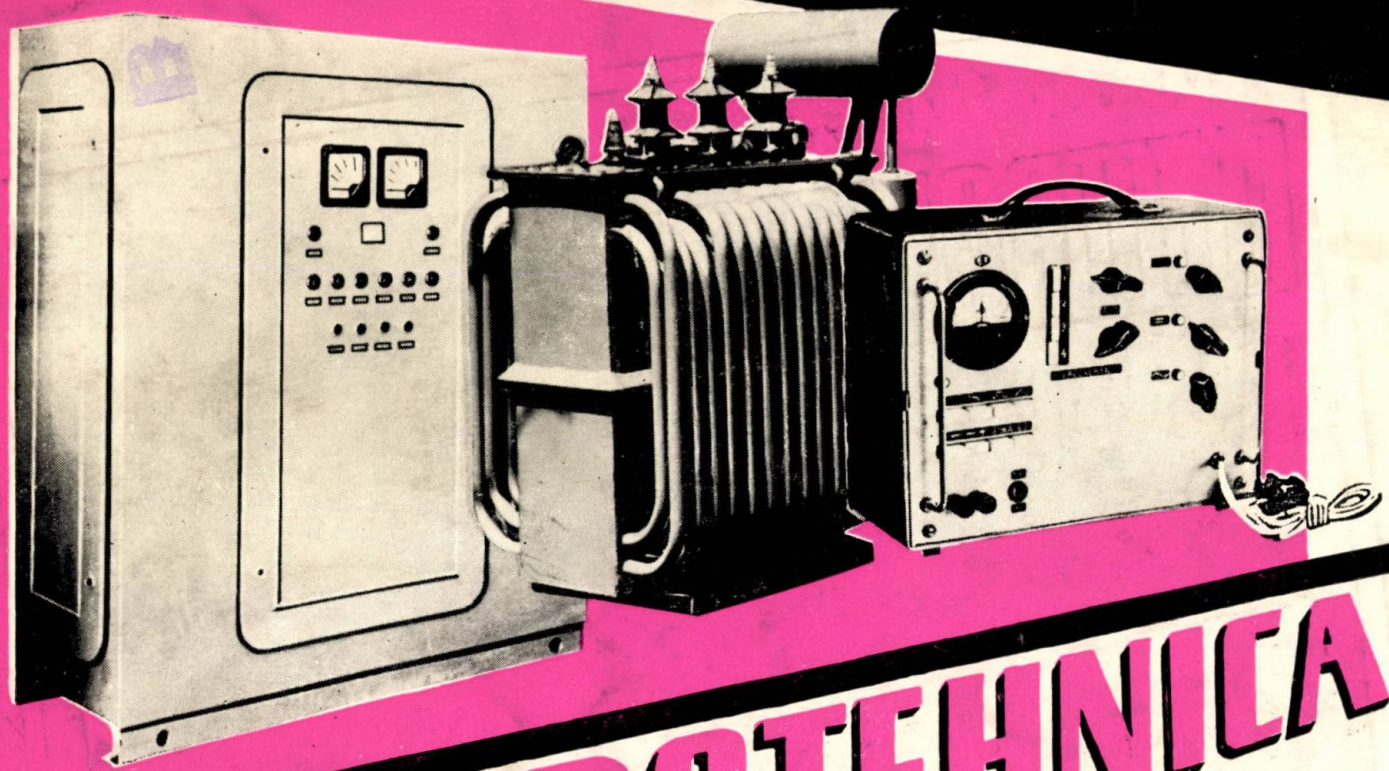






Execută:

- **motoare electrice asincrone trifazate, cu rotorul în scurtcircuit, protecție IP 44, de 4—30 kW**
- **aspiratoare de praf tip „Record"**
- **uscătoare de păr tip „Zefir"**
- **ventilatoare de masă**



ELECTROTEHNICA

Aparat Pantostat

$U = 110 - 220$ V; $P = 50$ W; $f = 2 - 180$ Hz.

Tablou de comandă pentru concasoare giratorice tip TCCG — exterior

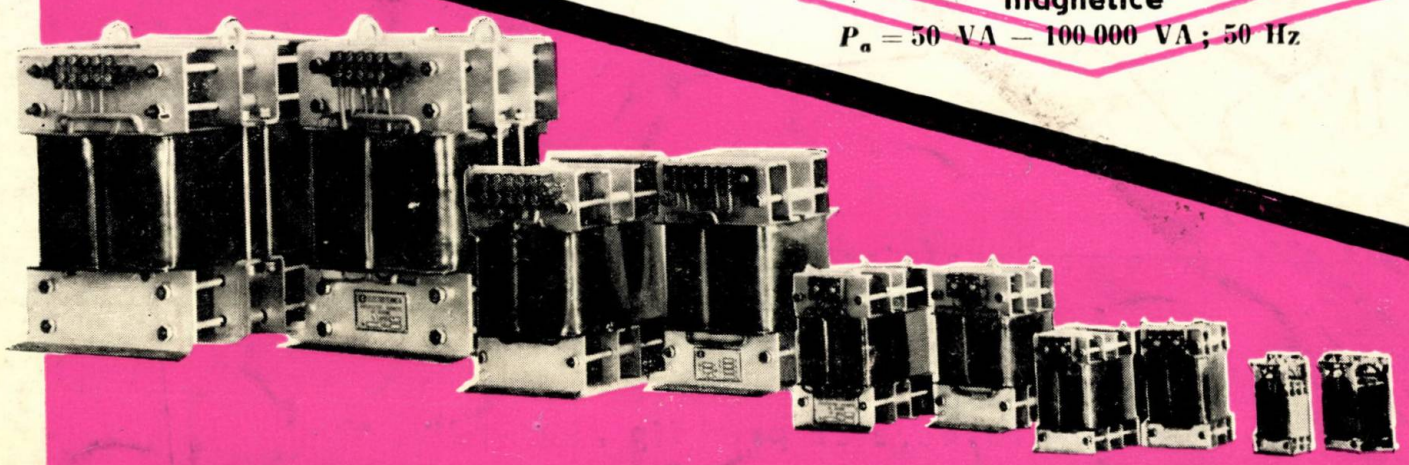
$U = 500/380/220$ V; $P = 62$ kW.

Transformator trifazat de putere destinat exportului

200 kVA; 10 000/400/231 V
$Y_{no} - 0$; $U_k = 4\%$; reglaj $\pm 5\%$, în ulei
$P_0 = 1\,075$ W; $P_k = 4\,800$ W;

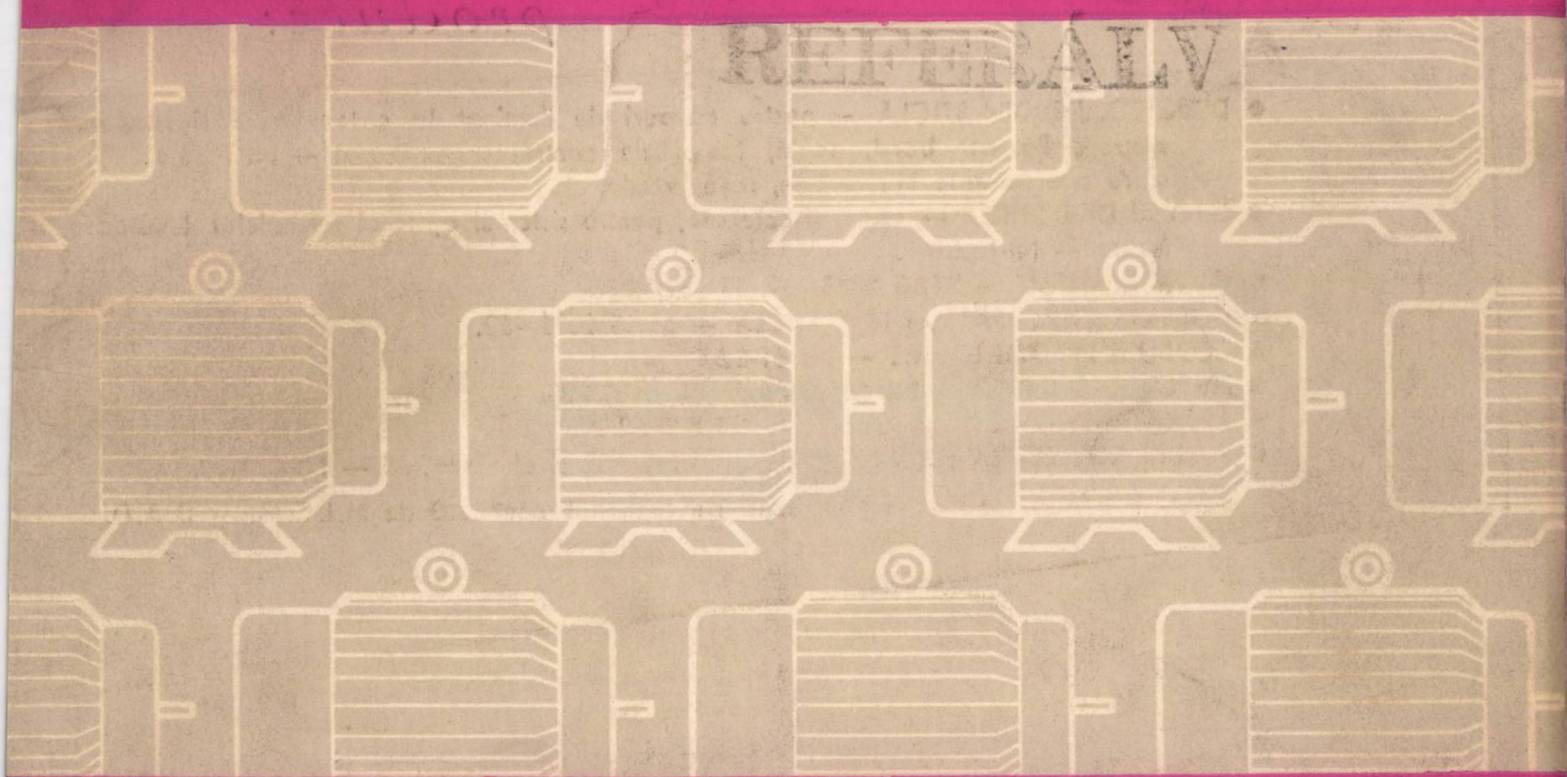
Seria unitară de amplificatoare magnetice

$P_a = 50$ VA $- 100\,000$ VA; 50 Hz



E 2040

ELECTROTEHNICA

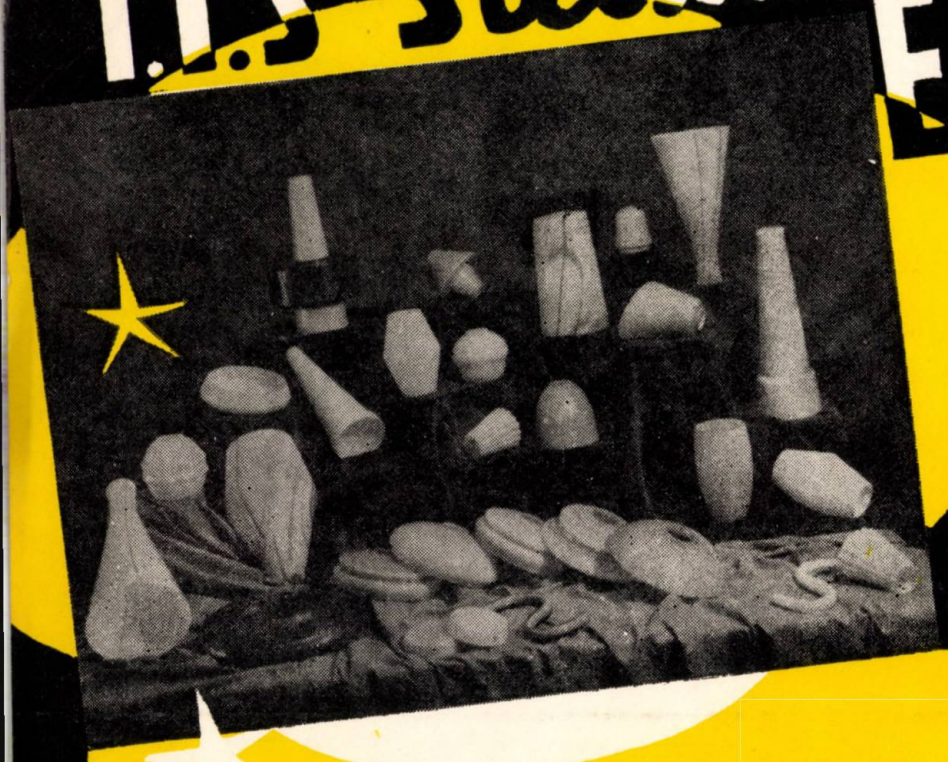


331

Electrotehnica • Bucureşti • Anul 12 • nr. 9 • P. 317 — 360 • septembrie 1964

9

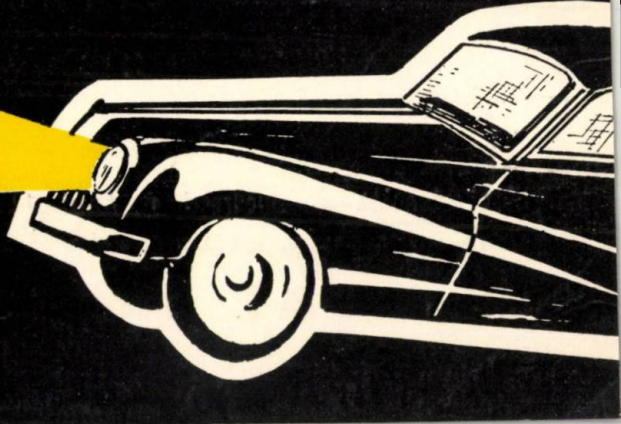
I.I.S. Steaua Electrică FIENI



produce:

- DISPERSOARE DIN STICLĂ – pentru corpuri de iluminat la autovehicule și tractoare (stopuri, iluminat bord, scală, lămpi de control semnalizare) — NI-1056-61. Se execlare sau colorate în: galben, roșu, verde.
- LENTILE DIN STICLĂ — clare și colorate, pentru sistemul optic al semnalelor luminoase la ferate — NI-1063-61.
- GLOBURI OPALE — STAS 2249—59.
- GLOBURI ȘI APĂRĂTORI DIN STICLĂ — STAS 2636—60.
- GLOBURI PENTRU LUSTRE — NI 61-62
- PLAFONIERE OPALE — NI 685-58.
- APĂRĂTORI DIN STICLĂ CLARĂ — NI 868-60.
- TUBURI DIN STICLÁ PENTRU FIRME LUMINOASE și alte scopuri — NI 871-60.

Produsele se livrează pe bază de repartiție acordată de M.I.C.M. — D.A.D.



E 2040

MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1883

ELECTROTEHNICA

Anul 12 nr. 9 septembrie 1964

CUPRINS

CZ 621.318.33.013.22 : 539.165.2

Indreaş, Gr. şi *Ryltsew, P. I.* : **Determinarea poziţiei suprafeţei mediane la electromagneţii cu simetrie axială.**

Electrotehnica 12, nr. 9, sept. 1964 , p. 317–320

Se descriu cîteva dispozitive utilizate în mod curent pentru determinarea poziţiei medianei magnetice la electromagneţii cu simetrie axială şi se propune o metodică simplă bazată pe utilizarea efectului Hall.

CZ 538.541.082 : 621.318.1

Nicolaide, A. : **Analiza neliniară a propagării cîmpului electromagnetic în piese feromagnetice.**

Electrotehnica 12, nr. 9, sept. 1964, p. 320–330

Se subliniază importanţa practică a studiului propagării cîmpului electromagnetic în medii feromagnetice şi se arată că pentru cazul undei plane procedeele de calcul existente se pot grupa în două metode. După ce se demonstrează că rezultatele care se obţin prin cele două metode diferă între ele, se stabileşte că prima metodă în care se ia în considerare numai armonica fundamentală dă rezultate mai exacte decît a doua metodă, în schimb prin aceasta din urmă se pun în evidenţă şi armonicele superioare. Se examinează apoi cazul cîmpului magnetic care are o componentă perpendiculară la suprafaţa conductorului şi se stabilesc relaţii de calcul pentru transferul de putere, care nu sînt date în literatură. Rezultatele obţinute sînt utile pentru calculul parametrilor rotoarelor masive ale maşinilor asincrone şi sincrone.

CZ 621.315.6.027.718 : 551.585.53/55

Burdulea, C : **Comportarea materialelor izolante utilizate în construcţia maşinilor şi aparatelor electrice de înaltă tensiune în condiţiile climatului tropical umed.**

Electrotehnica 12, nr. 9, sept. 1964, p. 331–341

Se analizează din punct de vedere teoretic influenţa factorilor climatici predominanţi în climatul tropical umed şi influenţa acestora asupra materialelor electroizolante. Se descriu metodele de încercare şi condiţionare folosite la cercetarea materialelor electroizolante şi sînt date rezultatele încercărilor efectuate la Uzinele „Electroputere" – Craiova. Se trag concluzii asupra materialelor încercate şi asupra posibilităţilor de utilizare pentru realizarea protecţiei tropicale la produsele de înaltă tensiune.

CZ 621.316.573.064.33.002.4

Barbu, I. : **Proiectarea şi realizarea unui scurteircuitor de 30 kA, 500 V.**

Electrotehnica 12, nr. 9, sept. 1964, p. 341–349

Se descriu calculele şi consideraţiile teoretice care au stat la baza alegerii şi dimensionării părţilor constructive ale scurtcircuitorului. Se insistă asupra timpului de acţionare, dezvoltîndu-se formule pentru calculul acestuia, cum şi a vitezei contactelor. Studiind metodele de accelerare a electromagneţilor s-a demonstrat analitic şi s-a verificat experimental, că variaţia constantei de timp este proporţională cu radicalul coeficientului de umplere, fiind independentă de numărul de spire.

RECENZII 350–351

REFERATE 351–354

CRONICĂ 355–358

SCURTE ŞTIRI 358–359

WACKER

Silicone

PENTRU

INDUSTRIA ELECTROTEHNICĂ

CAUCIUCURI SILICONICE

Piesele din cauciuc siliconic vulcanizat la cald, turnate în formă și sprițuite, se comportă bine ca materiale stabile la temperatură și la îmbătrînire, ca materiale elastice pentru diferitele scopuri tehnice și ca izolație pentru cabluri cu rezistență la străpungere, ridicată. Cauciucul siliconic servește în formă dispersată la impregnarea mătăsii de sticlă, azbestului și țesăturilor organice.

Cauciucul siliconic vulcanizat la rece se întrebuințează ca material dielectric și anihigroscopic, pentru etanșeizări și umpluturi, pentru piese de construcție electrică cu parametri ridicați, precum și ca material de forme elastice. Masele se întăresc la rece și pot fi furnizate în stare transparentă sau pigmentată.

Vă stăm cu plăcere la dispoziție cu sfaturi și cu prospectele noastre.

WACKER

WACKER — CHEMIE GMBH

8 München 22, Postfach 1

REPUBLICA FEDERALĂ GERMANĂ

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.318.33.013.22 : 539.162.2

Индреаш, Г. и *Рыльцев, П. И.*: **Определение положения срединной поверхности электромагнитов с осевой симметрией.**

Electrotehnica 12, nr.9, sept 1964, стр. 317–320

Описывается ряд приспособлений, применяемых в практике определения магнитной медианы электромагнитов с осевой симметрией и предлагается несложный метод, основанный на применении эффекта Хелла.

ДК 538.541.082 : 621.318.1

Николаиде, А.: **Нелинейный анализ распространения электромагнитного поля в ферромагнитных деталях.**

Electrotehnica 12, nr. 9, sept 1964, стр. 320–330

Подчеркивается практическое значение изучения распространения электромагнитного поля в ферромагнитных средах, причем показано, что для случая плоской волны существующие расчетные методы могут быть сгруппированы в две категории. После того как доказывается, что результаты получаемые с помощью обоих методов различаются между собой, устанавливается, что первый метод, учитывающий только основную гармонику, дает более точные результаты чем второй, но в вместе с тем, этот последний выявляет также наличие высших гармоник. Далее рассматривается случай магнитного поля с компонентой перпендикулярной поверхности проводника и устанавливаются расчетные формулы для передачи мощности, не фигурирующие в литературе. Полученные результаты могут быть использованы для расчета параметров массивных роторов асинхронных и синхронных машин.

ДК 621.315.6.027.718 : 551.585.53/55

Бурдуля, К.: **Поведение изоляционных материалов, применяемых в строительстве электрических машин и высоковольтной аппаратуры в условиях влажного тропического климата.**

Electrotehnica 12, nr.9, sept 1964, стр. 331–341

С теоретической точки зрения анализируется влияние преобладающих факторов влажного тропического климата на электроизоляционные материалы. Описываются методы испытания и кондиционирования, используемые при исследовании электроизоляционных материалов и приводятся результаты испытаний, проведенных на Крайовском заводе „Электропутере". Выводятся заключения относительно испытанных материалов, а также о возможности их применения для осуществления тропической защиты высоковольтной аппаратуры.

ДК 621.316.573.064.33.002.4

Барбу, И.: **Конструирование и изготовление короткозамыкателя на 30 ка, 500 в.**

Electrotehnica 12, nr. 9, sept 1964, стр. 341–339

Описываются расчеты и теоретические соображения, положенные в основу выбора конструктивных деталей короткозамыкателя. Особое внимание уделяется времени воздействия, причем разработаны формулы расчета этого параметра, а также скорости контактов. В результате исследования методов ускорения электромагнитов аналитически доказано и экспериментально проверено, что изменение постоянной времени пропорционально корню коэффициента наполнения, независимо от числа витков.

РЕЦЕНЗИИ 350–351

РЕФЕРАТЫ 351–354

ХРОНИКА 355–358

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ 358–359

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.318.33.013.22 : 539.165.2

Indreaş, Gr. und *Ryltsew, P. I.* : **Die Bestimmung der Stellung der Medialfläche bei Elektromagneten mit axialer Symetrie.**

Electrotehnica 12, H. 9, Sept. 1964, S. 317–320

Die Verfasser beschreiben einige der laufend verwendeten Vorrichtungen zur Bestimmung der Stellung der magnetischen Medialfläche bei Elektromagneten mit axialer Symetrie und schlagen ein einfaches Verfahren, das auf dem Hallschen Effekt beruht vor.

DK 538.541.082 : 621.318.1

Nicolaide, A. : **Nichtlineare Analyse der Ausbreitung des elektromagnetischen Feldes in ferromagnetischen Bauteilen.**

Electrotehnica 12, H. 9, Sept. 1964, S. 320–330

Es wird die praktische Bedeutung der Untersuchung der Ausbreitung des elektromagnetischen Feldes in ferromagnetischen Medien unterstrichen und darauf hingewiesen, dass im Falle der ebenen Wellen, die bestehenden Berechnungsmethoden nach zwei Verfahren gruppiert werden können. Nachdem der Verfasser darauf hinweist, dass die durch die beiden Verfahren erzielten Ergebnisse voneinander abweichen, stellt er fest, dass das erste Verfahren, bei dem nur die grundlegende Harmonische in Betracht gezogen wird, genauere Ergebnisse als das zweite Verfahren zeigt. Das letztere Verfahren jedoch gibt auch über die höheren Harmonischen Aufschluss. Ferner wird der Fall untersucht , wenn das Magnetfeld eine senkrechte Komponente zur Oberfläche des Leiters aufweist, und Berechnungsverhältnisse für die Kraftübertragung festgelegt, die nicht in der Fachliteratur erhalten sind.

Die erzielten Ergebnisse dienen zur Berechnung der massiven Rotoren der Asynchron-und Synchronmaschinen.

DK 621.315.6.027.718 : 551.585.53/55

Burdulea, C. : **Das Verhalten der beim Bau der elektrischen Hochspannungsmaschinen und — apparate verwendeten Baustoffe unter den Bedingungen des feuchten Tropenklimas.**

Electrotehnica 12, H. 9, Sept. 1964, S. 331–341

Vom theoretischen Standpunkt aus wird der Einfluss der vorherrschenden klimatischen Faktoren des feuchten Tropenklimas auf die elektroisolierende Stoffe untersucht. Es werden die Versuchs-und Konditionierungsverfahren bei der Untersuchung der Isolierstoffe und die Ergebnisse der in der Electroputere-Werke-Craiova vorgenommenen Versuche beschrieben. Es werden Schlussfolgerungen zu den untersuchten Stoffen und deren Verwendungsmöglichkeiten für den Tropenschutz der Hochspannungsvorrichtungen gezogen.

DK 621.316.573.064.33.002.4

Barbu, I. : **Entwurf und Bau eines Kurzschliessers von 30 kA, 500 V.**

Electrotehnica 12, H. 9, Sept. 1964, S. 341–349

Es werden die Berechnungen und die theoretischen Erwägungen beschrieben, auf denen die Wahl und Bemessung der Bauteile des Kurzschliessers fusst. Besondere Beachtung wird der Schaltzeit eingeräumt und Formeln für die Berechnung dieses Faktors sowie der Kontaktgeschwindigkeit entwickelt. Der Verfasser untersucht die Verfahren zur Beschleunigung der Elektromagneten und zeigt an Hand analytischen Beweisführungen und praktischer Versuche, dass die Variation der Zeitkonstante proportional der Wurzel des Füllungskoeffizienten und von der Zahl der Windungen unabhängig ist.

BUCHBESPRECHUNGEN 350–351

REFERATE 351–354

CHRONIK 355–358

KURZNACHRICHTEN 358–359

MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1863

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.

Anul 12 nr. 9 București, septembrie 1964

Determinarea poziției suprafeței mediane la electromagneții cu simetrie axială

Grigore Indreaș* – București și **P. I. Ryltsew****–Dubna

CZ 621.318.33.013.22:539.165.2

În procesul de formare a cîmpului magnetic al acceleratoarelor de tip ciclotron, fazotron ș. a. se dă o atenție deosebită problemelor determinării și corecției poziției și formei suprafeței în care componenta radială a inducției devine nulă (așa-numita suprafață mediană a cîmpului magnetic) Z_{med} (R, φ) [7].

Suprafața mediană magnetică poate să nu coincidă cu planul median al întrefierului electromagnetului acceleratorului, din diferite motive, dintre care cele mai des întîlnite sînt: imprecizia în asamblarea circuitului magnetic și asimetria în distribuția fierului suplimentar în raport cu electromagnetul (lentile magnetice de focalizare, obiecte mari cu fier etc.).

În cazul cîmpurilor cu simetrie axială (componenta azimutală a inducției $B_\varphi = 0$) se pot folosi mai multe metode pentru măsurarea poziției suprafeței mediane, și alegerea uneia sau alteia dintre acestea este determinată de condițiile concrete și cerințele impuse preciziei măsurărilor.

Astfel, metoda „spirei cu curent" [1] este convenabilă pentru măsurări calitative, cum și în cazurile cînd este suficientă cunoașterea poziției medii a suprafeței mediane Z_{med} (R_o, φ).

Pentru măsurări mai pretențioase, cînd trebuie cunoscută funcția Z_{med} (R, φ), este indicată folosirea metodelor de măsurare „punctiforme" (locale) cu ajutorul „cadrului cu curent" [2] sau utilizarea în acest scop a magnetometrelor nucleare [3].

„Balanțele magnetice" [4] pot fi considerate de asemenea drept dispozitive convenabile pentru determinarea poziției suprafeței mediane. În ultimul timp, pentru asemenea măsurări sînt folosite pe scară largă aparate construite pe baza efectului Hall [5].

În cele ce urmează se descriu comparativ, din punctul de vedere al comodității utilizării practice și al gradului de precizie obținut, cîteva dintre aceste metode folosite în mod curent pentru determinarea poziției suprafeței mediane magnetice.

1. Metoda „spirei cu curent"

Dacă se introduce o spiră dintr-un conductor subțire și elastic într-un cîmp magnetic cu simetrie axială și se trece prin ea curent, asupra ei vor acționa următoarele forțe:

a) Forța datorită interacțiunii curentului cu componenta verticală a cîmpului H_z, sub acțiunea căreia spira se va „dilata" căutînd să cuprindă o suprafață cît mai mare. În cazul cînd spira se fixează în cîmp în așa fel încît componenta orizontală a reacției în locul fixării să fie nulă, „dilatarea" spirei va fi uniformă, ea va lua forma unui cerc și va „pluti" în spațiu, alegîndu-și o asemenea poziție încît axa de simetrie a cîmpului să treacă prin centrul spirei. O asemenea situație se realizează în mod practic prin fixarea unui punct al spirei la un plutitor care se poate mișca liber într-un lichid cu viscozitate și tensiune superficială neglijabile [2] (fig. 1).

b) Forța datorită interacțiunii curentului cu componenta radială a cîmpului H_r, sub acțiunea căreia plutitorul se va ridica sau se va scufunda în lichid, în funcție de direcția și valoarea lui H_r. Evident că pentru aducerea spirei în planul median magnetic este necesară compensarea acestei forțe.

Înainte de efectuarea măsurărilor, paharul cu lichid se introduce în întrefierul magnetului și

* Cd. șt. tehn. ing. *G. Indreaș* este cercetător științific la Institutul unificat de cercetări nucleare (Laboratorul reacții nucleare) din Dubna.

** Fizician *P. I. Ryltsew* este cercetător științific la Institutul unificat de cercetări nucleare (Laboratorul de energii înalte) din Dubna.

se așază aproximativ la distanța R de la centru (locul unde interesează poziția suprafeței mediane magnetice). Conductorul subțire, de lungime $2\pi R$, se înfășoară pe plutitor și se notează nivelul pînă la care plutitorul se scufundă în

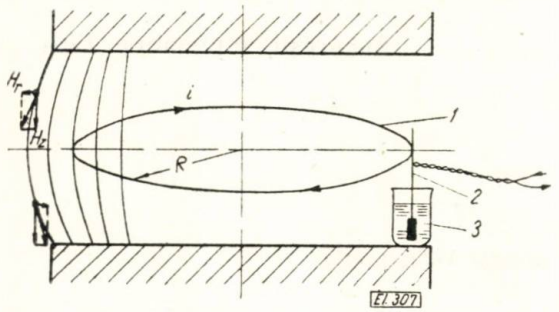


Fig. 1. Spira cu curent în întrefierul electromagnetului:
1 – conductor de cupru; *2* – plutitor din masă plastică;
3 – pahar cu tetraclorură de carbon.

lichid. La trecerea curentului prin spiră, valoarea nivelului de plutire se schimbă. Adăugînd sau micșorînd cantitatea de lichid din pahar, plutitorul va fi readus în poziția inițială.

În acest caz, reacția plutitorului echilibrează numai greutatea spirei. Măsurînd cîteva poziții Z_{med} (R_o, φ), se poate determina Z_{med} (R_o, φ).

În măsurările magnetice preliminare, la ciclotronul MZI [7] pentru spiră, s-a folosit un conductor de cupru emailat, cu diametrul de 0,1 mm, prin care s-a trecut un curent $i \simeq 50$ mA. Plutitorul a fost confecționat din masă plastică de înălțime corespunzătoare, iar drept mediu de plutire s-a folosit tetraclorura de carbon.

După cum rezultă din cele de mai sus, tehnica măsurărilor cu ajutorul spirei cu curent este laborioasă, iar precizia determinării poziției medianei nu prea mare ($\pm$ 1 cm poziția medie).

2. Metoda „cadrului cu curent"

Dacă o bobină sub formă de cadru dreptunghiular, prin care trece curent, este suspendată într-un cîmp magnetic, așa cum se vede în figura 2, asupra ei vor acționa următoarele cupluri:

a) cuplul de rotație M_{H_r} în jurul axei de suspensie Z, datorit interacțiunii curentului cu componenta radială a cîmpului magnetic H_r. Pentru o valoare suficientă a curentului, unghiul de rotație a cadrului va depinde de valoarea și direcția lui H_r. În cîmpurile magnetice cu simetrie axială, la condiții egale, momentul de rotație va fi maxim pentru orientarea planului bobinei în lungul razei electromagnetului (fig. 2). Evident că dacă mijlocul cadrului se găsește în planul median, unghiul de rotație este egal cu zero;

b) cuplul de basculare M_{H_z}, datorit interacțiunii curentului cu componenta verticală a cîmpului magnetic H_z. Pentru evitarea deplasărilor care le-ar cauza acest cuplu, înfășurarea cadrului se dispune în crestătura unui cilindru masiv dintr-un material nemagnetic și se suspendă astfel încît cadrul să se găsească judicios în planul vertical.

Pentru efectuarea măsurărilor, cilindrul cu cadru se suspendă în cîmp la o înălțime oarecare, orientînd pe cît posibil planul cadrului de-a lungul razei electromagnetului. La trecerea curentului prin bobină se notează sensul și unghiul de rotație a cadrului. După aceasta, cadrul se coboară (sau se ridică) în așa fel încît să obținem același unghi de rotație însă în sens invers. Coordonatele suprafeței mediane se determină ca media a două măsurări de acest tip.

În scopul evitării erorilor mari, în folosirea metodicii cadrului cu curent, se impun următoarele măsuri de precauție:

1) necoincidența planului bobinei cu planul vertical la trecerea curentului trebuie redusă la minimum. Acest lucru se realizează prin alegerea corespunzătoare a greutății cilindrului;

2) zona de insensibilitate a aparatului, determinată de existența momentelor parazite care iau naștere datorită forțelor de frecare, trebuie de asemenea micșorată pe cît posibil.

Din cele arătate rezultă că precizia măsurărilor coordonatelor suprafeței mediane cu ajutorul acestei metode va fi în funcție de judicioasa alegere a parametrilor și de realizarea tehnică a dispozitivului.

Cu ajutorul unui cadru [2] cu dimensiunile de 6×3 cm, avînd 1 000 spire bobinate în crestătura unui cilindru de cupru în greutate de 400 g, suspendat cu ajutorul unui fir de capron cu diametrul de 0,8 mm, și cu lungimea de 50 mm, la trecerea unui curent $i \simeq 0{,}5$ mA, măsurările s-au efectuat cu o precizie de $\pm$ 0,5 cm.

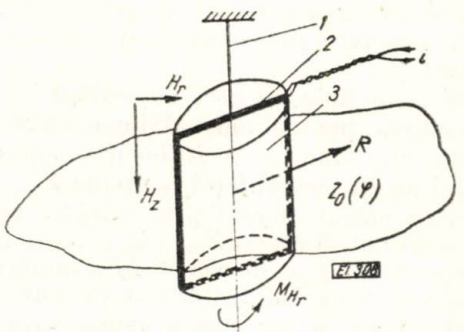


Fig. 2. Cadrul cu curent în cîmp magnetic:
1 – fir de suspensie din capron; *2* – bobina-cadru;
3 – cilindru din material nemagnetic.

3. Determinarea poziției suprafeței mediane cu ajutorul magnetometrelor nucleare

În cîmpurile magnetice cu simetrie axială, componenta azimutală H_φ este egală cu zero și mărimea absolută a vectorului intensității cîmpului magnetic este $H = \sqrt{H_z^2 + H_r^2}$.

Evident că în cazul unei valori date pentru H, componenta verticală H_z va avea în planul în care $H_r = 0$ valoarea maximă. Datorită înaltei precizii de măsurare a valorii H_z cu ajutorul metodicii bazate pe fenomenul rezonanței magnetice nucleare, magnetometrele construite pe acest principiu pot fi folosite pentru determinarea poziției suprafeței mediane.

Precizia acestor măsurări este determinată de caracterul dependenței radiale a cîmpului magnetic cercetat, de sensibilitatea magnetometrului și de erorile cu care se măsoară frecvența [7].

Măsurările efectuate la ciclotronul MZI au arătat că pentru cazul unor distribuții radiale ale cîmpului magnetic, avînd un gradient neînsemnat, poziția planului median poate fi determinată cu o precizie de $\pm$ 1 cm. Dacă $\frac{\Delta H_z}{\Delta R} \simeq 100$ Oe/cm, precizia se mărește și poziția planului median poate fi determinată cu o eroare de $\pm$ 0,1 cm.

În cazul cîmpurilor magnetice de configurație oarecare (cîmpul din întrefierul electromagnetului ciclotronului cu variație azimutală), valoarea absolută a vectorului cîmpului magnetic este:

$$H = \sqrt{H_z^2 + H_r^2 + H_\varphi^2}.$$

Dacă suprafețele unde $H_r = 0$ și $H_\varphi = 0$ coincid, poziția suprafeței mediane poate fi determinată cu aceeași aparatură și aceeași metodică, ca și în cazul cîmpurilor cu simetrie axială.

4. Metodica bazată pe folosirea efectului Hall

Metoda de măsurare a intensității cîmpului magnetic cu ajutorul efectului Hall este binecunoscută în literatură [7] și construcția magnetometrelor care funcționează pe baza acestui principiu este elaborată pe scară industrială [6].

Pentru măsurarea componentei azimutale și radiale a intensității cîmpului magnetic, Denisov [5] a elaborat un dispozitiv magnetometric original, bazat pe efect Hall, avînd o sensibilitate limită de 0,2 Oe. Sensibilitatea aparatului nu depinde de valoarea componentei verticale a cîmpului magnetic măsurat în limitele $H_z = 0 \div 15$ kOe). Elementul sensibil — traductorul — are forma unei plăcuțe subțiri de germaniu de tip n cu dimensiunile de 5×3 mm și este suspendat cu ajutorul unui fir de capron după direcția Z, avînd posibilitatea de rotire în jurul acestei axe cu un unghi de 180°. Pentru determinarea valorii componentelor H_r sau H_φ se face semisuma valorilor a două măsurări, înainte și după rotirea cu 180° a traductorului, astfel:

$$H_r = \frac{\Delta U}{2k \cos \varphi},$$

unde:

ΔU este tensiunea Hall, mV;
k — sensibilitatea, mV/Oe;
φ — unghiul axei de rotire față de direcția verticală ($\varphi \simeq 0$).

Principiul de măsurare folosit în acest aparat a condus la ideea determinării poziției planului median al magnetului ciclotronului, prin măsurarea componentei radiale în două puncte apropiate și așezate simetric în raport cu suprafața Z_{med} (R, φ). Pentru aceasta, traductorul Hall se rotește cu 180° în jurul axei perpendiculare pe direcția Z în așa fel încît orientarea sa față de componenta H_r rămîne aceeași. Alegînd astfel coordonatele celor două puncte Z_{med} (R_0, φ_0) $\pm$ ΔZ încît să obținem egalitatea indicațiilor în cele două cazuri, coordonatele suprafeței mediane a cîmpului magnetic se determină ca semisuma a două niveluri pe axa Z (fig. 3):

$$Z_{med}(R_0, \varphi_0) = \frac{Z_1 + Z_2}{2}.$$

Folosind drept traductor elementul sensibil al magnetometrului industrial IMI-3 [6] (dimensiunile cristalului 2,7 $\times$ 2,7 mm) în cazul unor distribuții ale cîmpului magnetic cu gradient relativ mare, măsurările au fost efectuate cu precizie suficientă ($\pm$ 0,5 cm).

Încercările de determinare a poziției planului median prin deplasarea traductorului Hall pe axa Z și măsurarea succesivă a șirului de valori $H_r(Z, R_0, \varphi_0)$, în scopul determinării punctului unde componenta radială a cîmpului devine egală cu zero, au dat rezultate mai puțin precise, datorită erorilor mari la măsurarea cîmpurilor $H_r \leqslant 100$ Oe cu cristalul dat.

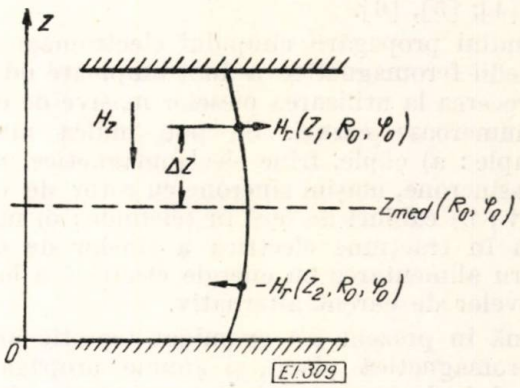


Fig. 3. Determinarea poziției suprafeței mediane cu metodica bazată pe efect Hall.

Corecția poziției suprafeței mediane magnetice

În cazul cînd există abateri mari între poziția suprafeței mediane magnetice și planul median geometric al electromagnetului, ele trebuie corectate. Metodele de corecție sînt diferite în

funcție de caracterul localizării acestor abateri (localizare azimutală sau radială).

Corecția poziției mediane magnetice cînd abaterile au localizare azimutală (locale) se face prin șimuire fină, din aproape în aproape, cu ajutorul adaosurilor de fier așezate pe fețele polilor magnetici (metodică similară cu cea utilizată în omogenizarea azimutală a cîmpului). În acest caz corecția medianei magnetice trebuie făcută în așa fel încît să nu se încalce condiția $H_\varphi = 0$.

O altă metodă eficientă pentru corecția poziției suprafeței mediane, folosită mai ales atunci cînd abaterile sînt localizate la anumite valori ale razei și uniform distribuite după azimut, este redistribuirea curentului în înfășurarea magnetului. În acest scop, înfășurarea unuia dintre poli se șuntează în mod convenabil (micșorarea curentului cu 5—10% este în general suficientă).

Experiența construirii electromagneților uriași cu diametrul polilor 3 ÷ 6 m (ciclotronul MZI, fazotronul de 680 MeV) arată că în acest caz este îndreptățită folosirea unor bobine suplimentare cu alimentare individuală, a căror forță magnetomotoare să reprezinte circa 10% din forța magnetomotoare a înfășurării principale, ele putînd fi conectate aditiv sau diferențial, față de aceasta.

Măsurările efectuate la ciclotron [4] arată că înfășurările suplimentare permit corectarea poziției planului median mult mai eficient decît șuntarea (echivalentă ca forță magnetomotoare) înfășurării principale.

În procesul accelerării particulelor, corecția suprafeței mediane magnetice se face după fascicul; sensul și valoarea curentului în înfășurările secundare se determină astfel ca intensitatea fasciculului pe raza finală de accelerare să fie maximă.

Bibliografie

[1] *Anderson, H. L.*, ș.a. În: Review of Scientific Instruments, **23**, nr. 12, 1952, p. 707.
[2] *Danilov, V. I.*, ș.a. În: Priborî i tehnika eksperimenta, **3**, nr. 18, 1956.
[3] *Andrew E. R.* Nuclear Magnetic Resonance. Londra, 1955.
[4] *Basargin, Yu. G.*, ș. a. Stendovîe ispîtania U.—120. Otciot. Leningrad, 1957.
[5] *Vasilevskaia, D. P., Denisov, Yu. N.* În: Priborî i tehnika eksperimenta, **5**, nr. 194, 1961.
[6] Izmeritel magnitnoi indukții tipa IMI—3. Tehniceskoe opisanie, 1961.
[7] *Indreaș, G., Ognev, A. A.* și *Scegolev, V. A.* În: Automatica și Electronica, **4**, nr. 1, 1960, p. 33.

Intrat în redacție la 6.XI.1963

Analiza neliniară a propagării cîmpului electromagnetic în piese feromagnetice

Andrei Nicolaide* — Brașov

CZ 538.541.082 :621.318.1

Propagarea cîmpului electromagnetic în medii conductoare cu permeabilitate magnetică constantă este binecunoscută în literatură [1], [2], [3], [4], [5], [6].

Studiul propagării cîmpului electromagnetic în medii feromagnetice a luat amploare odată cu trecerea la utilizarea pieselor masive de oțel în numeroase cazuri. Se pot indica multe exemple: a) cuple, frîne electromagnetice, mașini asincrone, mașini sincrone cu rotor de oțel masiv; b) cabluri de oțel în telefonie; c) utilizarea în tracțiune electrică a șinelor de oțel pentru alimentarea cu energie electrică a locomotivelor de curent alternativ.

Pînă în prezent s-a examinat teoretic unda electromagnetică plană, și anume propagarea cîmpului electromagnetic într-un mediu feromagnetic care umple un semispațiu, în condițiile de mai jos: a) s-a presupus regimul periodic; b) s-a considerat că la suprafața semispațiului, care este un plan, cîmpul magnetic are numai o componentă paralelă cu planul.

* Cd. șt. tehn. ing. *A. Nicolaide* este conferențiar la Institutul politehnic din Brașov.

Lucrările asupra acestei probleme au dus la stabilirea a două metode distincte și la relații de calcul diferite.

În lucrarea de față, care se referă la regimul periodic, se examinează mai întîi fiecare dintre cele două metode amintite, apoi se studiază propagarea cîmpului electromagnetic într-o piesă feromagnetică cu suprafață plană, supusă acțiunii unui cîmp magnetic exterior perpendicular. Problema este necesară la studiul funcționării în regim asincron a mașinilor sincrone și asincrone cu rotor masiv.

Pentru mai multă claritate s-a expus în anexa I cazul cînd mediul conductor are permeabilitatea magnetică constantă.

1. Propagarea cîmpului electromagnetic într-un conductor feromagnetic care ocupă un semispațiu. Cîmp magnetic paralel la suprafața conductorului. Prima metodă de calcul.

La baza acestei metode este lucrarea [8]. Prezentarea metodei se va face diferit de expunerea din [8] și se vor indica cîteva precizări care nu sînt date în [8].

Datorită neliniarității curbei de magnetizare statice $B = f(H)$, la propagarea cîmpului electromagnetic într-un conductor feromagnetic apare totdeauna un regim deformant și mărimile B, H, J vor avea armonici de timp. Dacă se descompun funcțiile respective în serie trigonometrică, pentru armonicile fundamentale sînt valabile relațiile (I−9) și (I−10) din Anexa I. Din relațiile (I−10) și (I−11) din Anexa I, rezultă pentru cazul pe care îl studiem ecuația:

$$\frac{d^2\dot{H}_{my}}{dz^2} - j\omega\sigma\dot{B}_{my} = 0. \qquad (1)$$

Pentru a rezolva ecuația (1) se presupune cunoscută relația între valorile maxime ale armonicilor fundamentale ale lui B și H. Dar aceste valori ale lui B și H urmează să fie obținute tocmai prin rezolvarea ecuației. De aceea nu este posibil să se cunoască exact relația $B_{my} = f(H_{my})$ independent de regimul considerat.

Se admit următoarele ipoteze:

1) se neglijează fenomenul de histerezis;

2) se admite că între valorile maxime ale armonicilor fundamentale ale inducției și intensității cîmpului magnetic există relația:

$$B_m = k H_m^{\frac{1}{n}}. \qquad (2)$$

Urmează că permeabilitatea magnetică este în acest caz:

$$\mu = k H_m^{\frac{1}{n}-1}, \qquad (3)$$

formulă care reprezintă ecuația unei parabole de ordinul n. În figura 1 este reprezentată curba $B_m = f(H_m)$ în cazul cînd dependența dintre B și H este dată de relația (2), pentru $n > 1$.

Dacă curba de magnetizare este rectangulară, atunci relația (2) devine:

$$B_m = k_1 B_s, \qquad (4)$$

unde B_s este valoarea de saturație a inducției magnetice (fig. 2), iar coeficientul k_1 apare datorită descompunerii în serie trigonometrică a funcției $B = f(t)$. Astfel dacă B variază în timp după curba 1 din figura 3, rezultă:

$$k = \frac{4}{\pi} B_s; \quad n = \infty.$$

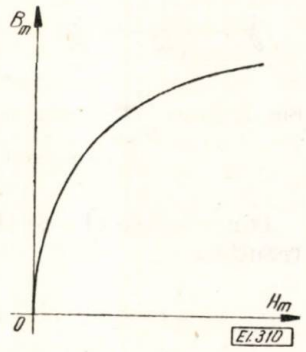


Fig. 1. Curba $B = f(H)$, corespunzătoare relației (2).

Pentru o curbă de magnetizare oarecare, coeficienții k și n depind de mărimea armonicilor și nu pot fi cunoscuți dinainte pentru un anumit material feromagnetic.

Valorile lui k și n se pot obține însă cu o exactitate practic satisfăcătoare în numeroase cazuri [8], aproximînd prin arce de parabolă curba de magnetizare. Aproximarea se face mai

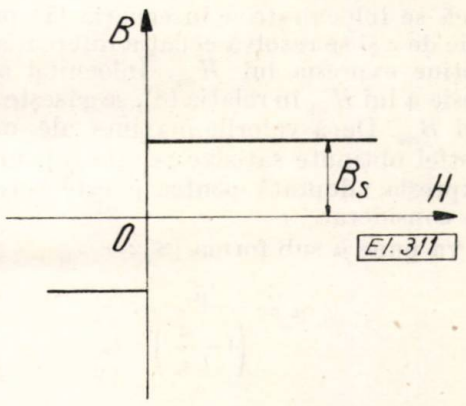
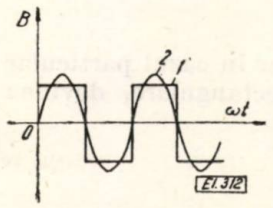


Fig. 2. Caracteristica de magnetizare rectangulară.

ușor dacă se utilizează curba de magnetizare construită în coordonate logaritmice. Pe această din urmă curbă se pot distinge două zone, avînd

Fig. 3. Variația inducției magnetice pentru curba de magnetizare rectangulară, în cazul unui regim periodic:
1 – curba inducției rezultante;
2 – curba armonicii fundamentale.



fiecare valori diferite pentru k și n. În zona corespunzătoare valorilor mari ale lui B se obține $n > 1$, iar în zona corespunzătoare valorilor mici ale lui B se obține $n < 1$. Pentru oțelul nealiat, folosit în construcția de mașini electrice, presupunînd că inducția B variază sinusoidal în timp, iar B_m are valori mari de aproximativ 2 tesla, după [7] se poate adopta:

$$k = 0{,}634; \quad n = 9.$$

În baza ipotezei 1 admise mai sus, mărimile H și B sînt în fază. Deci:

$$\dot{B}_{my} = \mu\dot{H}_{my}, \qquad (5)$$

unde în baza ipotezei 2 de mai sus:

$$\mu = \frac{B_{my}}{H_{my}} = k H_m^{\frac{1}{n}-1}. \qquad (6)$$

Din relațiile (1) și (5) se obține ecuația diferențială

$$\frac{d^2\dot{H}_{my}}{dz^2} - j\omega\sigma\mu\dot{H}_{my} = 0. \qquad (7)$$

Deoarece permeabilitatea magnetică μ este raportul a două valori maxime, urmează că ea este funcție doar de variabila z.

Din relațiile (5) și (7) rezultă :

$$\dot{B}_{my} = -\mathrm{j}\frac{1}{\omega\sigma}\cdot\frac{\mathrm{d}^2\dot{H}_{my}}{\mathrm{d}z^2}. \qquad (8)$$

Dacă se înlocuiește μ în ecuația (7) printr-o funcție de z și se rezolvă ecuația diferențială (7), se obține expresia lui H_{my}. Înlocuind această expresie a lui H_{my} în relația (8), se găsește expresia lui B_{my}. Dacă valorile maxime ale mărimilor astfel obținute satisfac relația (6), urmează că expresia adoptată pentru μ este corectă în cazul considerat.

Se va pune μ sub forma [8] :

$$\mu = \frac{\mu_e}{\left(1-\frac{z}{z_k}\right)^2}, \qquad (9)$$

unde mărimea z_k este pozitivă dacă $n > 1$ și negativă dacă $n < 1$, iar μ_e este permeabilitatea magnetică a fierului la suprafața lui. Expresia lui μ_e este :

$$\mu_e = \frac{B_{my0}}{H_{my0}}, \qquad (10)$$

iar în cazul particular al curbei de magnetizare rectangulare, devine :

$$\mu_e = \frac{k}{H_{my0}}. \qquad (11)$$

Dacă $n > 1$, atunci la adîncimea $z = z_k$, după cum rezultă din relația (9), permeabilitatea definită prin relația (6) devine infinită.

Înlocuind în ecuația (7) expresia lui μ dată de relația (9) se obține :

$$\frac{\mathrm{d}^2\dot{H}_{my}}{\mathrm{d}z^2} - \mathrm{j}\frac{2\alpha_e^2}{\left(1-\frac{z}{z_k}\right)^2}\dot{H}_{my} = 0, \qquad (12)$$

unde :

$$\alpha_e = \sqrt{\frac{\omega\sigma\mu_e}{2}}. \qquad (13)$$

Condițiile la limite sînt :

$$z = 0 \;\; ; \quad \dot{H}_{my} = \dot{H}_{my0}, \qquad (14)$$

$$z = \infty \;\; ; \quad \dot{H}_{my} = 0. \qquad (15)$$

Mărimea z_k se determină din condiția că H_{my} și B_{my} care rezultă din relațiile (12) și (8) trebuie să satisfacă relația (2). Soluția ecuației (12), ținînd seamă de condițiile la limită (14) și (15), este (Anexa II) :

$$\dot{H}_{my} = \dot{H}_{my0}\left(1-\frac{z}{z_k}\right)^{\dot{\beta}} \qquad (16)$$

sau

$$\dot{H}_{my} = \dot{H}_{my0}\,\mathrm{e}^{\dot{\beta}\ln\left(1-\frac{z}{z_k}\right)}, \qquad (17)$$

unde

$$\dot{\beta} = \beta_1 + \mathrm{j}\beta_2 = \frac{2n}{n-1}\left(1 + \mathrm{j}\sqrt{\frac{n+1}{2n}}\right), \qquad (18)$$

$$z_k = \frac{k_y}{\alpha_e}, \qquad (19)$$

$$k_y = \frac{1}{\sqrt{2}\,(n-1)}\sqrt[4]{2n\,(3n+1)^2\,(n+1)}. \qquad (20)$$

Soluția (16) sau (17) a ecuației (12) este valabilă pentru orice valoare a lui n. În figura 4 sînt reprezentate curbele $\frac{H_{my}}{H_{my0}}$ în funcție de $\alpha_k z$, pentru diferite valori ale lui n. S-a notat : $\alpha_k = \frac{1}{z_k}$ pentru $n \neq 1$ și $\alpha_k = \alpha$ pentru $n = 1$.

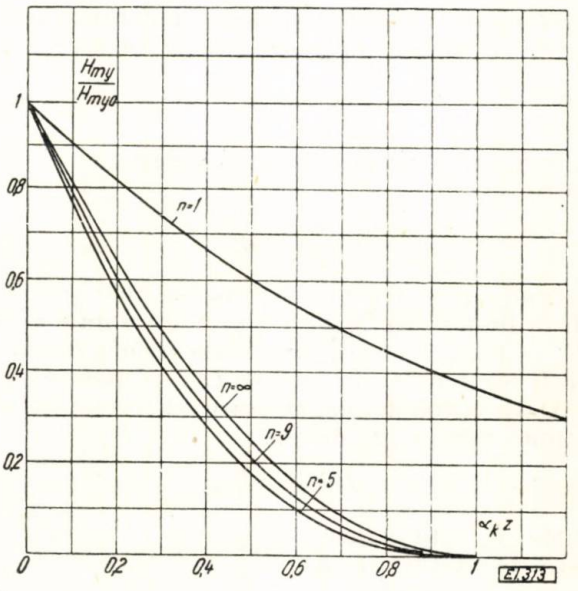


Fig. 4. Curba $\frac{H_{my}}{H_{my0}}$ funcție de $\alpha_k z$ pentru diferite valori ale lui n, în cazul primei metode.

Din relațiile (I —6) (I —12) (Anexa I) și (16), rezultă :

$$\dot{E}_{mx} = \rho\dot{J}_{mx} = \rho\,\frac{\dot{\beta}}{z_k}\left(1-\frac{z}{z_k}\right)^{\dot{\beta}-1}\cdot\dot{H}_{my0}. \qquad (21)$$

Pentru $n = 1$ se regăsesc rezultatele de la paragraful 1.1, Anexa I.

Vectorul lui Poynting în complex este :

$$\dot{\boldsymbol{\Pi}} = \tfrac{1}{2}\dot{\boldsymbol{E}}_m \times \dot{\boldsymbol{H}}^*_m = \tfrac{1}{2}\boldsymbol{k}\,\dot{E}_{mx}\,\dot{H}^*_{my}. \qquad (22)$$

Transferul de putere prin elementul de arie $d\boldsymbol{A} = \boldsymbol{k}\, dA$, la adîncimea z este:

$$d\dot{S} = \tfrac{1}{2}\dot{E}_{mx}\dot{H}^{*}_{my}\, dA = \beta\frac{\rho}{2z_k}\left(1-\frac{z}{z_k}\right)^{2\beta_1-1}\cdot H^2_{my0}, \tag{23}$$

sau

$$d\dot{S} = \beta\frac{\rho}{2z_k}H^2_{my0}\left(1-\frac{z}{z_k}\right)^{\frac{3n+1}{n-1}}\cdot dA. \tag{24}$$

Dacă $z_k > 0$, ceea ce are loc pentru $n > 1$, atunci la adîncimea $z = z_k$ transferul de energie electromagnetică după cum rezultă din expresia (24) este nul şi prin urmare pentru adîncimi mai mari decît z_k, mărimile $\boldsymbol{E}$, $\boldsymbol{H}$, $\boldsymbol{B}$ sînt nule. Cîmpul electromagnetic pătrunde deci în acest caz numai pînă la adîncimea z_k. Pentru $n < 1$ avem $z_k < 0$ şi cîmpul electromagnetic pătrunde pînă la $z = \infty$.

Valoarea instantanee a intensităţii cîmpului magnetic rezultă din relaţia (17) şi se poate scrie:

$$H_{1y} = H_{my0}\, e^{\beta_1 \ln\left(1-\frac{z}{z_k}\right)}\cdot \sin\left[\omega t+\gamma+\beta_2 \ln\left(1-\frac{z}{z_k}\right)\right]. \tag{25}$$

Punctele în care H_{1y} şi B_{1y} schimbă de semn la un moment t_0 sînt date de relaţia:

$$z_\nu = z_k\left[1-\exp\left(-\frac{\omega t_0+\gamma+\nu\pi}{\beta_2}\right)\right], \tag{26}$$

unde pentru arcul $\omega t_0 + \gamma$, în cazul că depăşeşte în valoare absolută 90°, se ia determinarea principală, iar ν ia valori succesive ale seriei numerelor întregi. Există o infinitate de puncte în care H_y şi B_y schimbă de semn. În cazul cînd $n > 1$ aceste puncte sînt distribuite pe porţiunea cuprinsă între $z = 0$ şi $z = z_k$ şi ele sînt cu atît mai dese cu cît sînt mai apropiate de $z = z_k$. În cazul cînd $n < 1$, aceste puncte sînt distribuite pe toată adîncimea şi ele sînt cu atît mai dese cu cît sînt mai apropiate de $z = 0$.

Viteza de deplasare a punctelor z_ν, adică tocmai viteza de propagare a undei electromagnetice în conductorul feromagnetic, este:

$$v = \frac{dz_\nu}{dt_0} = \frac{\omega}{\beta_2}(z_k - z_\nu). \tag{27}$$

Se vede că viteza de propagare scade sau creşte liniar cu adîncimea, după cum $n > 1$ sau $n < 1$.

În figura 5 este reprezentată într-un spaţiu cu trei dimensiuni unda lui H_{1y} pentru $\omega t + \gamma = 0$. Proiecţia segmentelor orientate, (fig. 5) pe planul vertical, dă la o scară potrivită valoarea instantanee a lui H_{1y}.

Pentru $n = 1$ se regăsesc rezultatele din Anexa I, pentru conductorul cu permeabilitate magnetică constantă. Valoarea instantanee a intensităţii cîmpului magnetic este în acest caz:

$$H_{1y} = H_{my0}\, e^{-\alpha z}\cdot \sin(\omega t + \gamma - \alpha z). \tag{28}$$

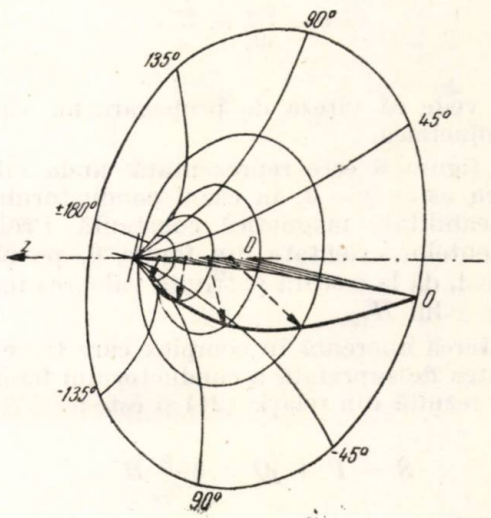


Fig. 5. Unda lui H_{1y} reprezentată într-un spaţiu cu trei dimensiuni pentru $n = 9$, în cazul primei metode.

Punctele în care H_{1y} şi B_{1y} schimbă de semn la un moment t_0 sînt date de relaţia:

$$z_\nu = \frac{1}{\alpha}(\omega t_0 + \gamma + \nu\pi), \tag{29}$$

unde pentru arcul $\omega t_0 + \gamma$, în cazul că depăşeşte în valoare absolută 90°, se ia determinarea principală, iar ν ia valori succesive ale seriei numerelor întregi. Există o infinitate de puncte

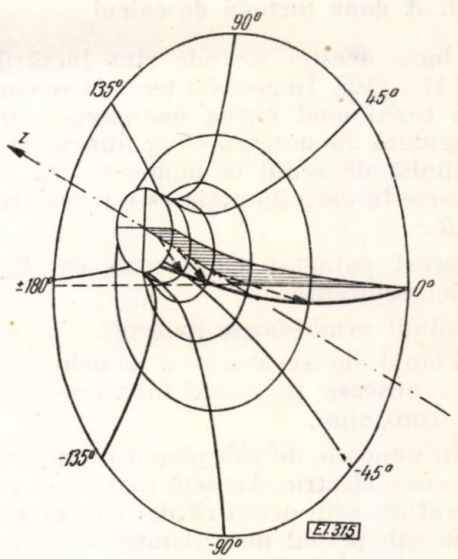


Fig. 6. Unda lui H_{1y} reprezentată într-un spaţiu cu trei dimensiuni pentru $n = 1$.

în care H_y și B_y schimbă de semn, iar aceste puncte sînt egal distanțate pe toată adîncimea.

Viteza de deplasare a punctelor z_y, adică tocmai viteza de propagare a undei electromagnetice în conductorul considerat cu permeabilitate magnetică constantă, este:

$$v = \frac{dz_y}{dt_0} = \frac{\omega}{\alpha}. \tag{30}$$

Se vede că viteza de propagare nu variază cu adîncimea.

În figura 6 este reprezentată unda lui H_{1y} pentru $\omega t + \gamma = 0$, în cazul conductorului cu permeabilitate magnetică constantă. Proiecția segmentelor orientate din figura 6, pe planul vertical, dă la o scară potrivită valoarea instantanee a lui H_{1y}.

Puterea aparentă în complex care trece prin unitatea de suprafață a conductorului feromagnetic rezultă din relația (24) și este:

$$\dot{S} = P + jQ = \dot{\beta}\frac{\rho}{2z_k}H_{my0}^2. \tag{31}$$

Raportul dintre puterea reactivă și puterea activă este deci:

$$\frac{Q}{P} = \frac{\beta_2}{\beta_1} = \sqrt{\frac{n+1}{2n}}. \tag{32}$$

2. Propagarea cîmpului electromagnetic într-un conductor feromagnetic care ocupă un semispațiu. Cîmp magnetic paralel la suprafața conductorului. A doua metodă de calcul

La baza acestei metode sînt lucrările [9], [10], [11], [12]. În această metodă se consideră numai cazul cînd curba de magnetizare este rectangulară. Se notează cu z_0 adîncimea la care B schimbă de semn la momentul t_0, apărînd două zone în care inducția este respectiv $+B_s$ și $-B_s$.

În acest paragraf se notează cu E, H, B valorile rezultante.

Se admit următoarele ipoteze:

1) Planul de separație a zonelor $+B_s$ și $-B_s$ avansează în sensul lui z crescător cu o viteză constantă.

2) În punctele de sub planul de separație nu există cîmp electric. Această ipoteză se justifică în literatură prin aceea că dacă ar exista cîmp electric sub planul de separație, energia sa ar tinde să mențină curenți de sens contrar celor de deasupra zonei de separație, ceea ce nu ar fi admisibil.

3) În planul de separație a zonelor $+B_s$ și $-B_s$ intensitatea H a cîmpului magnetic este nulă.

Prima dintre aceste ipoteze nu este menționată explicit în lucrările în care se expune metoda. Subliniem de asemenea că ipotezele 1 și 2 de mai sus nu sînt justificate.

Se va indica acum obținerea soluției în cazul că se admit aceste ipoteze. Spre deosebire de prima metodă, nu se trece la regim permanent sinusoidal decît după ce s-a obținut soluția generală.

Din relațiile (I—4) și (I—11) (Anexa I), se obține:

$$\frac{\partial E_x}{\partial z} = -\frac{\partial B_y}{\partial t}. \tag{33}$$

Pentru fiecare zonă cu B de același semn, atît timp cît semnul se menține, și ținînd seama că $B_y = B_s = \text{const.}$, rezultă din relația (33):

$$E_x = \text{const.} \tag{34}$$

Din relațiile (I—3), (I—6), (I—11), rezultă:

$$-\frac{\partial H_y}{\partial z} = \sigma E_x. \tag{35}$$

Pentru fiecare zonă cu B de același semn se obține din ecuațiile (34) și (35):

$$H_y = \sigma E_x (z_0 - z). \tag{36}$$

Legea inducției electromagnetice, scrisă ținînd seama de discontinuitatea la momentul t_0, este:

$$\oint_\Gamma \boldsymbol{E}\cdot d\boldsymbol{l} = -\int_{\Sigma_\Gamma} \frac{\Delta \boldsymbol{B}}{\Delta t}\cdot d\boldsymbol{A}. \tag{37}$$

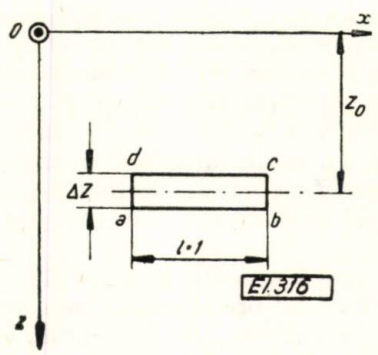


Fig. 7. Explicativă la relațiile (38) și (39).

În momentul $t = t_0 - \frac{\Delta t}{2}$ planul de separație a zonelor $+B_s$ și $-B_s$ se află în $z = z_0 - \frac{\Delta z_0}{2}$, iar în momentul $t = t_0 + \frac{\Delta t}{2}$ se află în $z = z_0 + \frac{\Delta z_0}{2}$ (fig. 7).

Se poate nota:

E'_x — valoarea lui E_x la momentul $t = t_0$ în punctele $z = z_0 - \frac{\Delta z_0}{2}$;

E''_x — valoarea lui E_x la momentul $t = t_0$ în punctele $z = z_0 + \frac{\Delta z_0}{2}$;

B'_y — valoarea lui B_y la momentul $t = t_0 - \frac{\Delta t}{2}$ în punctele $z = z_0$;

B''_y — valoarea lui B_y la momentul $t = t_0 + \frac{\Delta t}{2}$ în punctele $z = z_0$.

Relația (37) scrisă pentru conturul *abcd* (fig. 7) cu notațiile de mai sus dă:

$$E''_x - E'_x = -\frac{1}{\Delta t}(B''_y - B'_y)\,\Delta z_0. \tag{38}$$

Dar,

$$\begin{aligned} E'_x &= E_x; & E''_x &= 0; \\ B'_y &= -B_s; & B''_y &= B_s. \end{aligned} \tag{39}$$

Din relațiile (38) și (39) rezultă:

$$E_x = 2B_s \frac{\Delta z_0}{\Delta t}. \tag{40}$$

Trecînd la limită se obține:

$$E_x = 2B_s \frac{dz_0}{dt}. \tag{41}$$

Factorul $\frac{dz_0}{dt}$ reprezintă tocmai viteza de deplasare a planului de separație a zonelor $+B_s$ și $-B_s$.

Din relația (36) pentru $z = 0$ rezultă:

$$H_{y0} = \sigma E_x z_0. \tag{42}$$

Din relațiile (41) și (42) rezultă:

$$\frac{1}{\sigma z_0} H_{y0} = 2B_s \frac{dz_0}{dt}, \tag{43}$$

sau:

$$\frac{d(z_0^2)}{dt} = \frac{H_{y0}}{\sigma B_s}. \tag{44}$$

Condiția la limită este:

$$H_{y0} = H_m \sin \omega t. \tag{45}$$

Din ecuațiile (44) și (45) se obține:

$$\frac{d(z_0^2)}{dt} = \frac{H_m}{\sigma B_s} \sin \omega t. \tag{46}$$

Integrînd ecuația (46) se obține:

$$z_0^2 = -\frac{H_m}{\omega \sigma B_s} \Big| \cos \omega t \Big|_0^t, \tag{47}$$

de unde:

$$z_0 = \sqrt{\frac{2H_m}{\omega \sigma B_s}} \cdot \sin \frac{\omega t}{2}. \tag{48}$$

Punînd:

$$z_e = \frac{1}{\alpha_{es}}; \quad \alpha_{es} = \sqrt{\frac{\omega \sigma \mu_{es}}{2}}; \quad \mu_{es} = \frac{B_s}{H_m}; \tag{49}$$

se poate scrie:

$$z_0 = z_e \sin \frac{\omega t}{2}. \tag{50}$$

Din relațiile (41) și (50) se obține intensitatea cîmpului electric pe suprafața conductorului, adică pentru $z = 0$:

$$E_{x0} = \omega z_e B_s \cos \frac{\omega t}{2}. \tag{51}$$

Din relația (50) rezultă că adîncimea maximă pînă la care pătrunde cîmpul electric este $z = z_e$ și este atinsă pentru $\omega t = \pi$. După timpul $t = \frac{\pi}{\omega}$, se admite că E_x variază după aceeași lege, dar cu semn schimbat. Intensitatea cîmpului electric variază în acest caz după cum se indică în figura 8.

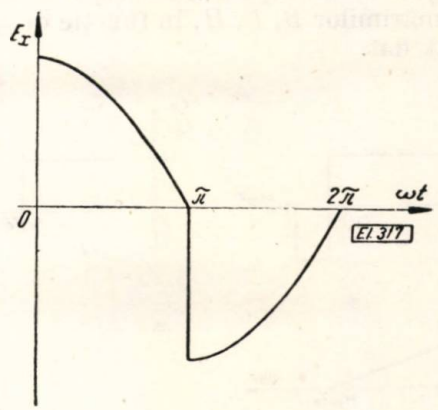


Fig. 8. Variația intensității cîmpului electric în funcție de timp la suprafața conductorului, în cazul celei de-a doua metode.

Dezvoltînd membrul al doilea al formulei (51) în serie trigonometrică, se obține:

$$E_{x0} = \omega z_e B_s \frac{4}{3\pi}(\cos \omega t + 2 \sin \omega t + \ldots). \tag{52}$$

Din relațiile (45) și (52) se pot deduce E și H sub formă complexă, la suprafața conductorului:

$$\dot{H}_{my0} = H_m, \tag{53}$$

$$\dot{E}_{mx0} = \frac{8}{3\pi} \omega z_e B_s \left(1 + j\frac{1}{2}\right). \tag{54}$$

Din formulele (49) și (54) rezultă:

$$\dot{E}_{mx0} = \frac{16}{3\pi} \cdot \frac{H_m}{\sigma z_e} \left(1 + j\frac{1}{2}\right). \tag{55}$$

Vectorul lui Poynting în complex este:

$$\dot{\Pi} = \frac{1}{2}\dot{E}_m^* \times \dot{H}_m^* = \frac{1}{2}\boldsymbol{k}\dot{E}_{mx}\dot{H}_{my}. \qquad (56)$$

Transferul de energie prin elementul de arie $\mathrm{d}\boldsymbol{A} = \boldsymbol{k}\,\mathrm{d}A$, la suprafața conductorului, este:

$$\mathrm{d}\dot{S} = \frac{1}{2}\dot{E}_{mx}\dot{H}_{my}^*\mathrm{d}A = \frac{1}{\sigma z_e}\cdot\frac{4}{3\pi}H_{my0}^2(2+\mathrm{j})\,\mathrm{d}A. \qquad (57)$$

Puterea aparentă în complex care trece prin unitatea de suprafață a conductorului este deci:

$$\dot{S} = P + \mathrm{j}Q = \frac{\rho}{z_e}\cdot\frac{4}{3\pi}H_{my0}^2(2+\mathrm{j}). \qquad (58)$$

Raportul dintre puterea reactivă și puterea activă este deci:

$$\frac{Q}{P} = \frac{1}{2}. \qquad (59)$$

În figura 9 sînt reprezentate curbele de variație ale mărimilor B, E, H, în funcție de z, la un moment dat.

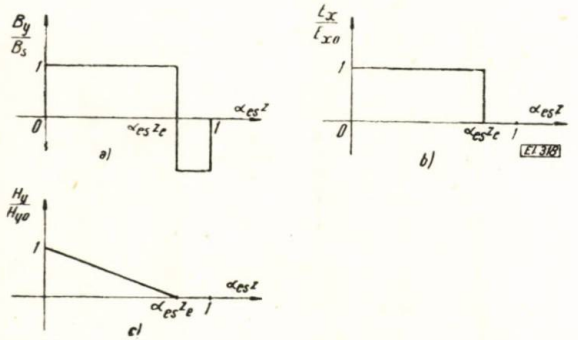


Fig. 9. Variația mărimilor $\frac{E_x}{E_x(z=0)}, \frac{B_y}{B_y(z=0)}, \frac{H_y}{H_y(z=0)}$, în funcție de $\alpha_{es}z$, în cazul celei de-a doua metode, la un moment dat.

Comparînd formulele (58) și (59) cu (31) și (32) pentru $n = \infty$, se constată că rezultatele obținute prin cele două metode pentru cazul caracteristicii de magnetizare rectangulare, sînt diferite între ele.

Deficiența metodei examinate în acest paragraf constă în aceea că se fac ipoteze suplimentare față de cele admise la prima metodă, de aceea soluțiile obținute pentru armonicile fundamentale sînt mai puțin exacte decît cele care rezultă aplicînd prima metodă. Metoda a doua adică cea expusă în acest paragraf are însă un avantaj, care constă în aceea că se pun în evidență armonicile superioare.

3. Propagarea cîmpului electromagnetic într-un conductor feromagnetic care ocupă un semispațiu. Cîmp magnetic perpendicular la suprafața conductorului

Considerăm ca la paragraful I.2 (Anexa I), un cîmp magnetic care are componentele H_y și H_z, iar H_z este sinusoidal repartizat în lungul axei Oy. Pentru a studia acest caz, metoda de la paragraful I.2.1 (Anexa I) prezintă mari dificultăți, deoarece permeabilitatea magnetică va varia atît în lungul axei Oy, cît și în lungul axei Oz. De aceea se va aplica metoda aproximativă de la paragraful I.2.2 (Anexa I). Se va considera $n > 1$, caz în care fluxul pătrunde pînă la adîncimea z_k.

Fluxul corespunzător componentei B_z prin aria din planul xOy, de lățime y măsurată din origine și de lungime în lungul lui Ox egală cu unitatea, este:

$$\dot{\Phi}_{mz} = \int_0^y \dot{B}_{mz}\,\mathrm{d}y = \int_0^y \dot{B}_{mz0}\cos\frac{\pi}{\tau}y\,\mathrm{d}y =$$

$$= \frac{\tau}{\pi}\dot{B}_{mz0}\sin\frac{\pi}{\tau}y. \qquad (60)$$

În cazul undei plane, pentru medii feromagnetice intensitatea cîmpului magnetic este dată de relația (16), după metoda expusă la paragraful 1 de mai sus. Fluxul corespunzător componentei B_y prin aria din planul xOz, de lățime z măsurată din origine și de lungime în lungul lui Ox egală cu unitatea, este pentru $z = z_k$:

$$\dot{\Phi}_{my} = \int_0^{z_k}\dot{B}_{my}\,\mathrm{d}z = \int_0^{z_k}\mu\dot{H}_{my}\,\mathrm{d}z = \mu_e\dot{H}_{my0}\frac{z_k}{\beta-1}. \qquad (61)$$

Dar fluxul trebuie să se conserve, deci:

$$\dot{\Phi}_{my} = \dot{\Phi}_{mz}, \qquad (62)$$

sau ținînd seama de relațiile (60) și (61) rezultă:

$$\mu_e\frac{z_k}{\beta-1}\dot{H}_{my0} = \frac{\tau}{\pi}\dot{B}_{mz0}\sin\frac{\pi}{\tau}y. \qquad (63)$$

Din relațiile (63) și (16) rezultă:

$$\dot{H}_{my} = \frac{\beta-1}{z_k}\cdot\frac{\tau}{\pi}\cdot\frac{\dot{B}_{mz0}}{\mu_e}\left(1-\frac{z}{z_k}\right)^{\beta}\sin\frac{\pi}{\tau}y, \qquad (64)$$

iar din (64) și (9):

$$\dot{B}_{my} = \frac{\beta-1}{z_k}\cdot\frac{\tau}{\pi}\cdot\dot{B}_{mz0}\left(1-\frac{z}{z_k}\right)^{\beta-2}\sin\frac{\pi}{\tau}y. \qquad (65)$$

Din relațiile (64), (3), (10), (19) urmează că se poate scrie:

$$H_{my0} = \left(k_n k^{-\frac{1}{2}} \alpha_0 \frac{\tau}{\pi} B_{mz0} \sin\frac{\pi}{\tau} y\right)^{\frac{2n}{n+1}}, \quad (66)$$

unde:

$$k_n = \frac{|\dot\beta - 1|}{k_y} = \sqrt{2}\sqrt[4]{\frac{n+1}{2n}}; \quad \alpha_0 = \sqrt{\frac{\omega\sigma}{2}}. \quad (67)$$

Intensitatea cîmpului electric se obține din relațiile (I—6), (I—12) (Anexa I) și (64):

$$\dot E_{mx} = \rho \dot J_{mx} = \rho \frac{\dot\beta(\dot\beta - 1)}{z_k^2} \cdot \frac{\tau}{\pi} \cdot \frac{\dot B_{mz0}}{\mu_e} \left(1 - \frac{z}{z_k}\right)^{\dot\beta - 1} \cdot$$

$$\cdot \sin\frac{\pi}{\tau} y, \quad (68)$$

iar la suprafața conductorului este:

$$\dot E_{mx} = \rho \frac{\dot\beta}{z_k} \dot H_{my0}. \quad (69)$$

Vectorul lui Poynting în complex este:

$$\dot{\boldsymbol{\Pi}} = \frac{1}{2} \dot{\boldsymbol{E}}_m \times \dot{\boldsymbol{H}}_m^* = \frac{1}{2} \boldsymbol{i}\, \dot E_{mx} \times (\boldsymbol{j} \dot H_{my}^* + \boldsymbol{k} \dot H_{mz}^*). \quad (70)$$

Transferul de putere prin elementul de arie $d\boldsymbol{A} = \boldsymbol{k}\, dy$, la adîncimea z, este:

$$d\dot S = \dot{\boldsymbol{\Pi}} \cdot d\boldsymbol{A} = \frac{1}{2} \dot E_{mx} \dot H_{my}^*\, dy. \quad (71)$$

Din relațiile (71), (69), (3), (10), (19) rezultă că expresia în complex a puterii aparente care trece prin elementul de arie al suprafeței conductorului este:

$$d\dot S = \rho \frac{\dot\beta}{2 z_k} H_{my0}^2\, dy =$$

$$= \rho \frac{\dot\beta}{2 k_y} \alpha_0 k^{\frac{1}{2}} \left(k_n k^{-\frac{1}{2}} \alpha_0 \frac{\tau}{\pi} B_{mz0} \sin\frac{\pi}{\tau} y\right)^{\frac{3n+1}{n+1}} \cdot dy. \quad (72)$$

Cu ajutorul relației (72) se poate calcula puterea care trece prin suprafața unui conductor feromagnetic care se află sub acțiunea unui cîmp magnetic exterior perpendicular la suprafața conductorului. Pornind de la relațiile obținute se poate determina transferul de putere prin suprafața unui rotor masiv de mașină asincronă sau sincronă și se pot deduce parametrii necesari calculului regimurilor asincrone de funcționare [13], [14].

ANEXA I

Propagarea cîmpului electromagnetic într-un conductor care ocupă un semispațiu și are permeabilitate magnetică constantă

Ecuațiile cîmpului electromagnetic, cînd se neglijează curentul de deplasare, sînt sub formă integrală:

$$\oint_\Gamma \boldsymbol{H} \cdot d\boldsymbol{l} = \int_{\Sigma_\Gamma} \boldsymbol{J} \cdot d\boldsymbol{A}, \quad (I-1)$$

$$\oint_\Gamma \boldsymbol{E} \cdot d\boldsymbol{l} = -\int_{\Sigma_\Gamma} \frac{\partial \boldsymbol{B}}{\partial t} \cdot d\boldsymbol{A}. \quad (I-2)$$

Trecînd la forma locală, în regim permanent sinusoidal se obține:

$$\operatorname{rot} \dot{\boldsymbol{H}}_m = \dot{\boldsymbol{J}}_m, \quad (I-3)$$

$$\operatorname{rot} \dot{\boldsymbol{E}}_m = -\mathrm{j}\,\omega\, \dot{\boldsymbol{B}}_m. \quad (I-4)$$

De asemenea avem relațiile:

$$\boldsymbol{B} = \mu \boldsymbol{H}, \quad (I-5)$$

$$\boldsymbol{J} = \sigma \boldsymbol{E}, \quad (I-6)$$

$$\operatorname{div} \boldsymbol{B} = 0, \quad (I-7)$$

$$\operatorname{div} \boldsymbol{J} = 0. \quad (I-8)$$

Din ecuațiile (I—3), (I—4), (I—6) rezultă:

$$\nabla^2 \dot{\boldsymbol{J}}_m - \mathrm{j}\omega\sigma \operatorname{rot} \dot{\boldsymbol{B}}_m = 0, \quad (I-9)$$

$$\nabla^2 \dot{\boldsymbol{H}}_m - \mathrm{j}\,\omega\,\sigma\, \dot{\boldsymbol{B}}_m = \operatorname{grad} \operatorname{div} \dot{\boldsymbol{H}}_m. \quad (I-10)$$

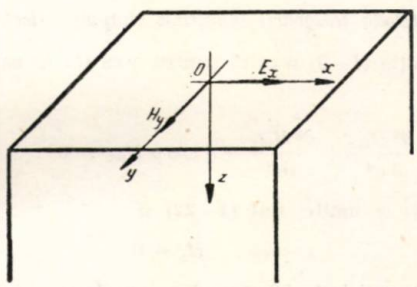


Fig. I — 1. Mărimile E și H în cazul undei plane.

I.1. Cîmp magnetic paralel la suprafața conductorului

În acest caz se consideră un cîmp magnetic care are numai componenta H_y, funcție numai de coordonata z și deci:

$$H_x = H_z = J_y = J_z = B_x = B_z = 0. \quad (I-11)$$

Rezultă că densitatea de curent J are componentă doar după axa Ox.

Din relațiile (I—3) și (I—11) se obține:

$$\dot J_{mx} = -\frac{d\dot H_{my}}{dz}. \quad (I-12)$$

Integrînd ecuațiile cîmpului electromagnetic și ținînd seama de condițiile la limite care sînt:

$$z = 0;\ \dot H_{my} = \dot H_{my0}; \quad (I-13)$$

$$z = \infty;\ \dot H_{my} = 0, \quad (I-14)$$

se obține :

$$\dot{H}_{my} = \dot{H}_{my0}\, e^{-\dot{m}z}; \qquad (I-15)$$

$$\dot{J}_{mx} = \dot{m}\dot{H}_{my0}\, e^{-\dot{m}z}; \qquad (I-16)$$

$$\dot{E}_{mx} = \rho \dot{J}_{mx}. \qquad (I-17)$$

S-a notat :

$$\dot{m} = (1 + j)\,\alpha; \qquad (I-18)$$

și

$$\alpha = \sqrt{\frac{\omega\sigma\mu}{2}}. \qquad (I-19)$$

Vectorul lui Poynting în complex este :

$$\dot{\Pi} = \frac{1}{2}\dot{E}_m \times \dot{H}_m^* = \frac{1}{2} i\,\dot{E}_{mx} \times j\dot{H}_{my}^* = \frac{1}{2} k\,\dot{E}_{mx}\,\dot{H}_{my}^*. \qquad (I-20)$$

Transferul de putere prin unitatea de arie a planului de la adîncimea z, paralel cu suprafața conductorului, este :

$$\dot{S} = \frac{1}{2}\dot{m}\,\rho\, H_{y0}^2\, e^{-2\alpha z}. \qquad (I-21)$$

I.2. Cîmp magnetic perpendicular la suprafața conductorului

Considerăm un cîmp magnetic care are componentele H_y și H_z, iar H_z este sinusoidal repartizat în lungul axei Oy. Componenta H_z pe suprafața $z = 0$ este :

$$\dot{H}_{mz} = \dot{H}_{mz0} \cos\frac{\pi}{\tau} y. \qquad (I-22)$$

Se va studia acest caz prin două metode : a) integrarea ecuațiilor cîmpului electromagnetic ; b) metoda aproximativă.

I.2.1. Metoda integrării ecuațiilor cîmpului electromagnetic

Din ecuația (I—9) rezultă pentru axa Ox în cazul considerat :

$$\frac{\partial^2 \dot{H}_{mz}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \dot{H}_{mz}}{\partial z^2} - j\omega\sigma\mu\dot{H}_{mz} = 0. \qquad (I-23)$$

Condițiile la limite sînt (I—22) și :

$$z = \infty; \quad \dot{H}_z = 0. \qquad (I-24)$$

Soluția ecuației (I—23) ținînd seama de condițiile (I—22) și (I—24) este :

$$\dot{H}_{mz} = \dot{H}_{mz0}\, e^{-\dot{m}z} \cos\frac{\pi}{\tau} y, \qquad (I-25)$$

unde :

$$\dot{m} = \sqrt{\left(\frac{\pi}{\tau}\right)^2 + j\omega\sigma\mu}. \qquad (I-26)$$

Intensitatea cîmpului magnetic și intensitatea cîmpului electric sînt :

$$\dot{H}_m = j\dot{H}_{my} + k\,\dot{H}_{mz}, \qquad (I-27)$$

$$\dot{E}_m = i\,\dot{E}_{mx}. \qquad (I-28)$$

Din relațiile (I — 25), (I — 3) — (I — 8) rezultă :

$$\dot{H}_{my} = \dot{m}\frac{\tau}{\pi}\dot{H}_{mz0}\, e^{-\dot{m}z} \sin\frac{\pi}{\tau} y; \qquad (I-29)$$

$$\dot{J}_{mx} = j\omega\sigma\mu\frac{\tau}{\pi}\dot{H}_{mz0}\, e^{-\dot{m}z} \sin\frac{\pi}{\tau} y; \qquad (I-30)$$

$$\dot{E}_{mx} = \rho\,\dot{J}_{mx}. \qquad (I-31)$$

Variația modulelor E_{mx} și H_{mz} pe suprafața $z = 0$ este reprezentată în fig. I — 2.

Vectorul lui Poynting în complex este :

$$\dot{\Pi} = \frac{1}{2}\dot{E}_m \times \dot{H}_m^* = \frac{1}{2} i\,\dot{E}_{mx} \times (j\dot{H}_{my}^* + k\dot{H}_{mz}^*). \qquad (I-32)$$

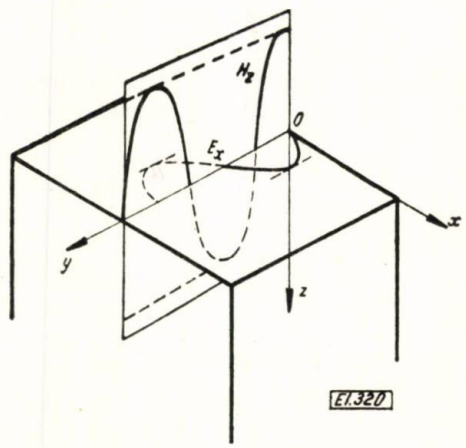


Fig. I —2. Variația modulelor E_{mx} și H_{mz} la suprafața conductorului în cazul cîmpului magnetic care are o componentă normală la suprafața conductorului.

Transferul de putere prin elementul de arie $k\,dA = k\,dy$ la suprafața conductorului este :

$$d\dot{S} = \dot{\Pi} \cdot d\mathbf{A} = \frac{1}{2} j\omega\mu\dot{m}^* \left(\frac{\tau}{\pi}\right)^2 H_{mz0}^2 \sin^2\frac{\pi}{\tau} y\, dy. \qquad (I-33)$$

Dacă distanța τ este suficient de mare astfel încît să fie satisfăcută inegalitatea :

$$\frac{\pi}{\tau} \ll \omega\sigma\mu, \qquad (I-34)$$

atunci se poate scrie aproximativ :

$$\dot{m} \approx \sqrt{j\omega\sigma\mu} \qquad (I-35)$$

sau :

$$\dot{m} = (1 + j)\,\alpha, \qquad (I-36)$$

unde α este dat de relația (I — 19).

Relația (I — 33) se poate scrie cu aproximația făcută :

$$d\dot{S} = d(P + jQ) = \frac{1}{2}(1+j)\omega\mu\alpha\left(\frac{\tau}{\pi}\right)^2 H_{mz0} \sin^2\frac{\pi}{\tau} y\, dy. \qquad (I-37).$$

Raportul valorilor maxime ale componentelor B_{1y} și B_{1z} la suprafața conductorului este :

$$\frac{B_{my}}{B_{mz}} = \sqrt{2}\,\alpha\frac{\tau}{\pi}. \qquad (I-38)$$

I.2.2. Metoda aproximativă. Se vor obține rezultatele exprimate prin formulele (I — 37), (I — 38), folosind rezultatele obținute în paragrafui I.1.1. la studiul cîmpului magnetic paralel la suprafața conductorului.

Reprezentarea aproximativă a liniilor de cîmp magnetic este dată în secțiunea din figura I — 3.

Considerăm componenta H_{mz} dată de relaţia (I—22). Fluxul corespunzător componentei B_{mz} prin aria din planul xOy, de lungime y, măsurată din origine, şi de lăţime, în lungul lui Ox, egală cu unitatea, este :

$$\dot{\Phi}_{mz} = \int_0^y \dot{B}_{mz0} \cos \frac{\pi}{\tau} y \, dy = \int_0^y \mu \dot{H}_{mz0} \cos \frac{\pi}{\tau} y \, dy =$$

$$= \mu \frac{\tau}{\pi} \dot{H}_{mz0} \sin \frac{\pi}{\tau} y. \qquad (I—39)$$

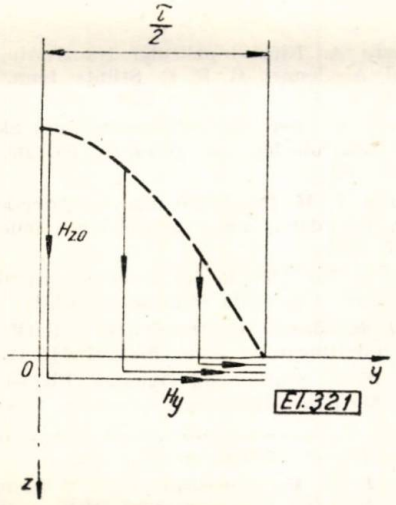


Fig. I—3. Liniile de cîmp în cazul cîmpului magnetic care are o componentă normală la suprafaţa conductorului.

În cazul cîmpului magnetic paralel la suprafaţa conductorului componenta H_{my} este dată de relaţia (I—15). Fluxul corespunzător componentei B_{my} prin aria din planul xOz de lungime z, măsurată din origine, şi de lăţime, în lungul lui Ox, egală cu unitatea, este pentru $z = \infty$:

$$\dot{\Phi}_{my} = \int_0^\infty \dot{B}_{my} \, dz = \int_0^\infty \mu \dot{H}_{my0} \, e^{-\dot{m}z} \, dz = \mu \frac{1}{\dot{m}} \dot{H}_{my0}. \qquad (I—40)$$

Dar fluxul trebuie să se conserve, deci :

$$\dot{\Phi}_{my} = \dot{\Phi}_{mz}, \qquad (I—41)$$

sau ţinînd seama de (I—39) şi (I—40) rezultă :

$$\dot{H}_{my0} = \dot{m} \frac{\tau}{\pi} \dot{H}_{mz0} \sin \frac{\pi}{\tau} y. \qquad (I—42)$$

Din relaţiile (I — 15) şi (I — 42) rezultă :

$$\dot{H}_{my} = \dot{m} \frac{\tau}{\pi} \dot{H}_{mz0} \, e^{-\dot{m}z} \sin \frac{\pi}{\tau} y, \qquad (I—43)$$

unde $\dot{m}$ este dat de relaţia (I — 35).

Din relaţiile (I — 12), (I — 43) se obţine :

$$\dot{J}_m x = j\omega\sigma\mu \frac{\tau}{\pi} \dot{H}_{mz0} \, e^{-\dot{m}z} \sin \frac{\pi}{\tau} y. \qquad (I — 44)$$

S-au regăsit deci expresiile (I — 29), (I — 30), pentru cazul aproximativ cînd $\dot{m}$ este dat de relaţia (I — 36). Se deduc apoi expresiile (I — 37) şi (I — 38).

ANEXA II

Integrarea ecuaţiei diferenţiale de propagare a undei plane în mediul feromagnetic

Această ecuaţie a fost studiată în lucrarea [8]. Ecuaţia diferenţială (12) se poate integra făcînd schimbarea de variabilă :

$$u = 1 - \frac{z}{z_k}, \qquad (II — 1)$$

Ecuaţia (12) devine :

$$\frac{d^2 \dot{H}_{my}}{du^2} - \frac{c^2}{u^2} \dot{H}_{my} = 0, \qquad (II — 2)$$

unde :

$$c = \sqrt{2j} \, \alpha_e z_k. \qquad (II — 3)$$

Soluţia ecuaţiei (II — 2) este de forma :

$$\dot{H}_{my} = A' u^{\dot{\beta}'} + A'' u^{\dot{\beta}''}, \qquad (II— 4)$$

unde :

$$\dot{\beta} = \frac{1}{2} \pm \sqrt{\frac{1}{4} + j 2 \alpha_e^2 z_k^2}, \qquad (II — 5)$$

Soluţia ecuaţiei diferenţiale (12), ţinînd seama că H_{my} trebuie să descrească monoton cînd z creşte, are forma :

$$\dot{H}_{my} = \dot{A} \left(1 - \frac{z}{z_k} \right)^{\dot{\beta}}, \qquad (II — 6)$$

luîndu-se în expresia lui $\dot{\beta}$ semnul plus sau minus, după cum coeficientul n este mai mare sau mai mic decît unitatea.

Se poate nota :

$$\dot{\beta} = \beta_1 + j\beta_2 \qquad (II — 7)$$

Din relaţia (II — 6), avînd în vedere expresiile (I — 5), (2), (9) rezultă :

$$\beta_1 = \frac{2n}{n-1}. \qquad (II — 8)$$

Relaţia (II — 7) se poate scrie :

$$\dot{\beta} = \frac{1}{2} \left[1 \pm (p + jq) \right], \qquad (II — 9)$$

unde :

$$p = \sqrt{\frac{1 + \sqrt{1 + 16 (2 \alpha_e^2 z_k^2)^2}}{2}}, \qquad (II — 10)$$

$$q = \sqrt{\frac{-1 + \sqrt{1 + 16 (2 \alpha_e^2 z_k^2)^2}}{2}}. \qquad (II — 11)$$

În expresia (II—9) semnul plus corespunde pentru n mai mare decît unitatea, iar semnul minus pentru n mai mic decît unitatea.

Din relaţiile (II — 8), (II — 9), (II — 10), (II—11) rezultă :

$$z_k = \frac{1}{\alpha} k_y, \qquad (II — 12)$$

$$k_y = \frac{1}{\sqrt{2}(n-1)} \sqrt[4]{2n (n+1) (3n+1)^2}. \qquad (II—13)$$

$$\dot{\beta} = \frac{2n}{n-1} \left(1 + j \sqrt{\frac{n+1}{2n}} \right), \qquad (II — 14)$$

Relaţiile (II — 8—(II—14) sînt valabile atît pentru valorile lui n mai mari decît unitatea, cît şi pentru cele mai mici decît unitatea.

Din relaţia (II — 6) şi din condiţiile la limite (14) şi (15) rezultă că soluţia ecuaţiei diferenţiale (12) este:

$$\dot{H}_{my} = \dot{H}_{myo}\left(1-\frac{z}{z_k}\right)^{\dot{\beta}}. \qquad (II-15)$$

Dacă $n > 1$, H_y devine nul la $z = z_k$, iar dacă $n < 1$, H_y devine nul la $z = \infty$.

NOTAŢII

B — este valoarea instantanee rezultantă a inducţiei magnetice;
B_1 — armonica fundamentală de timp a lui B;
B_m — valoarea maximă a lui B_1;
B_{myo} — valoarea maximă a componentei B_{1y} în planul $z = 0$;
B_{mzo} — valoarea maximă a componentei B_{1z} în planul $y = 0$;
E — valoarea instantanee rezultantă a intensităţii cîmpului electric;
E_m — valoarea maximă a armonicii fundamentale de timp a intensităţii cîmpului electric;
H — valoarea instantanee a intensităţii cîmpului magnetic;
$H_1, H_m, H_{myo}, H_{mzo}$ — se definesc analog cu B_1, B_m, B_{myo}, B_{mzo};
J — valoarea instantanee a densităţii de curent;
J_m — valoarea maximă a armonicii fundamentale a densităţii de curent;
k — coeficient din relaţia (2);
$\dot{m}$ — coeficient dat de relaţia (I — 26) sau aproximativ de relaţia (I — 36);
n — coeficient din relaţia (2);
$\dot{S} = P + jQ$ — expresia în complex a puterii aparente care trece printr-o suprafaţă paralelă la suprafaţa conductorului;
x, y, z — coordonatele sistemului de referinţă trirectangular drept;
v — viteza de propagare a cîmpului electromagnetic în conductor;
z_k — adîncimea pînă la care pătrunde cîmpul electromagnetic, dată de relaţia (19);
z_y — cotele punctelor în care B şi H schimbă de semn, după prima metodă;
z_0 — cota punctului în care B şi H schimbă de semn, după a doua metodă;
α — coeficient dat de relaţia (I — 19);
α_e — coeficient dat de relaţia (13);
α_0 — coeficient dat de relaţia (67);
$\dot{\beta}$ — coeficient dat de relaţia (18);
μ — permeabilitatea magnetică a conductorului;
μ_e — permeabilitatea magnetică dată de relaţia (10);
μ_{es} — permeabilitatea magnetică dată de relaţia (49);
$\dot{\pi}$ — vectorul lui Poynting în complex;
ρ — rezistivitatea conductorului;
σ — conductivitatea conductorului;
τ — distanţa din figura I — 3;
ω — pulsaţia.

Bibliografie

[1] *Avramescu A.* Efectul pelicular tranzitoriu. In: Bul. Şt. al Academiei R. P. R. Ştiinţe tehn. şi chim., vol. **4**, nr. 3 — 4, 1952, p. 225 — 239.

[2] *Avramescu A.* Über die Zeitkonstante des Skineffektes. In: Elektrotechn. Z. (ETZ-A) **80**, nr. 3, 1959, p. 78 — 82.

[3] *Postnikov I. M.* Proektirovanie elektriceskih maşin. Kiev, Gosudarstvennoe izdatelstvo tehniceskoi literaturî, 1960.

[4] *Răduleţ, R.* Zur Theorie der Eisenlosen Induktionsöfen. Timişoara, Tipografia romînească, 1931.

[5] *Răduleţ R.* Bazele electrotehnicii, vol. **IV**. Institutul politehnic-Bucureşti (curs litografiat), 1956.

[6] *Smythe W. R.* Static and Dynamic Electricity. New York, Mc Graw Hill, Book Company, 1950.

[7] *Balian R. H.* K rascetu massivnogo rotora. In: Electricestvo **76**, nr. 6, 1955, p. 25 — 32.

[8] *Neiman L. P.* Poverhnostnii effekt v ferromagnetnih telah. Moscova, Gosenergoizdat, 1949.

[9] *Mc Connell H. M.* Eddy-Current Phenomena in Ferromagnetic Materials. In AIEE Transactions, part. I (Communications and Electronics), vol. **73**, 1954, p. 226 — 235.

[10] *Mc Connell, H. M.* The Induction Machine with Solid Iron Rotor. In: AIEE Transactions, part. III (Power Apparatus and Systems), vol. **74**, 1955, p. 343 — 349.

[11] *Mc Lean W.* Theory of Strong Electromagnetic Waves in Massive Iron. In: Journal of Applied Physics, vol. **25**, 1954, p. 1267 — 1270.

[12] *Wood A. J.* şi *Concordia C.* An Analysis of Solid Rotor Machines, part. IV. An Approximate Nonlinear analysis. In: AIEE Trans. part. III (Power Apparatus and Systems), vol. **79**, 1960, p. 26 — 31.

[13] *Gibbs W. J.* Induction and Synchronous motors with un laminated rotors. Proceedings Institution of Electrical Engineers, vol. **95**, nr. 46, 1948 p. 411 — 420.

[14] *Nicolaide A. C.* şi *Drăgănescu O.* Caracteristicile de pornire ale motoarelor sincrone cu poli aparenţi masivi. In: Electrotehnica, **11**, 1963, nr. 6, p. 215 — 225.

Intrat în redacţie la 31.V.1964

Comportarea materialelor izolante utilizate în construcția mașinilor și aparatelor electrice de înaltă tensiune, în condițiile climatului tropical umed

T 11399/66
LEFORDITVA

Constantin Burdulea* — Craiova

CZ 621.315.6.027.718:551.585.53/55

Cunoașterea comportării în exploatare a mașinilor și aparatelor electrice reprezintă o preocupare actuală pentru constructorii de utilaj electrotehnic, chiar în condițiile climatului temperat, pentru care există deja o îndelungată experiență. Comportarea în exploatare a mașinilor și aparatelor electrice în zonele cu climă tropicală umedă, care cuprinde țări cu o dezvoltare economică în plină ascensiune și în care se folosesc produsele și experiența industrială din țările înaintate, constituie o preocupare actuală. Una dintre problemele de bază ale acestei preocupări este cercetarea comportării materialelor izolante folosite în condițiile grele impuse de prezența factorilor specifici acestei clime, deoarece izolația este elementul care determină în mare măsură atît indicii tehnico-economici, cît și calitățile de exploatare a produselor.

Cercetările efectuate au urmărit modul în care principalii agenți climatici influențează asupra proprietăților materialelor izolante, cu scopul de a alege dintre acestea pe cele mai rezistente și, pe cît se poate, mai corespunzătoare din punct de vedere economic, fără a renunța la exigențele crescute ce se impun pentru realizarea performanțelor produselor la care se folosesc.

1. Influența factorilor climatici asupra materialelor izolante

Factorii climatici influențează caracteristicile materialelor și structurilor izolante atît prin acțiunea individuală a acestor factori, cît mai ales prin acțiunea lor combinată. Astfel, datorită acțiunii combinate a factorilor climatici, materialele utilizate în construcția produselor electrotehnice, destinate a funcționa în clima temperată, rezistă mult mai puțin în clima tropicală umedă. Din acest motiv, problemele legate de acțiunea climei au fost examinate din punctul de vedere al industriei, apărînd astfel climatologia tehnică în care climatele se clasifică pentru scopuri tehnice și economice, după următorii parametri de bază : valoarea factorilor climatici caracteristici, modul în care acționează factorii climatici [10] și influența pe care aceștia o exercită asupra produselor industriale.

După modul cum acționează, factorii climatici au fost împărțiți în două grupe : factori determinanți și factori secundari. Factorii climatici determinanți care influențează materialele izolante sînt următorii : temperatura aerului, umiditatea relativă a aerului și, în mod deosebit, acțiunea combinată a temperaturii și a umidității. Acțiunea factorilor determinanți exercitată asupra materialelor izolante are următoarele consecințe :

a) temperatura aerului influențează prin valorile ei maxime și medii, prin durata menținerii acestora și prin mărimea variației valorilor în intervale de timp scurt. Acestea pot duce la : modificarea caracteristicilor electrice ale unor materiale (a rezistenței de izolație, a permitivității, a pierderilor în dielectric, a tensiunii de străpungere etc.) ; modificarea caracteristicilor fizice ale unor materiale (rezistență mecanică, elasticitate, structură fizică, modificarea volumelor, reducerea posibilităților de evacuare a energiei calorice etc.) ;

b) umiditatea relativă a aerului influențează materialele izolante prin : modificarea dimensională și schimbarea caracteristicilor fizico-mecanice, ca o consecință a higroscopicității ; favorizarea apariției și dezvoltării unor procese chimice, care degradează materialul izolant sau materialul în contact cu acesta ; reducerea proprietăților electroizolante (a rezistenței de izolație, a permitivității, a pierderilor în dielectric, a rigidității dielectrice etc.) ;

c) acțiunea combinată a temperaturii și umidității se caracterizează prin : scăderea caracteristicilor electrice ale materialelor izolante, favorizarea unor procese chimice care distrug unele materiale, modificarea proprietăților fizico-mecanice etc.

În considerarea efectului combinat al temperaturii și umidității relative a aerului se ține seamă de faptul, că acestea prezintă valori relativ constante pe anumite intervale de timp, variații bruște sau lente. Toate acestea determină apariția unor efecte diferite asupra materialelor, ceea ce impune un sistem de încercări destul de complex, care să permită stabilirea capacității materialelor și structurilor izolante de a rezista la acțiunea separată a temperaturii sau umidității și la acțiunea combinată a acestora.

Spre deosebire de acțiunea temperaturii asupra materialelor, de care s-a ținut seamă în cercetările făcute cu privire la durata de viață a materialelor izolante, de V. I. Kalitvianski în U.R.S.S., de W. Büssing în Germania și de Th.

* Ing. *C. Burdulea* lucrează la laboratorul central al Uzinelor „Electroputere".

W. Dakin în S.U.A. [4], acțiunea umidității a început să fie studiată numai în ultimul timp. Unele rezultate în acest domeniu au fost obținute de M. Richtera și B. Bartakova de la Institutul de cercetări în domeniul electrotehnicii curenților tari, din Bechovice [1]. Felul în care umiditatea influențează fiecare caracteristică electrică a materialelor izolante interesează în mod deosebit pe constructorii produselor electrotehnice tropicalizate, deoarece alegerea materialelor izolante se face în funcție de anumite caracteristici ale acestora, care, la rîndul lor, pot fi influențate de umiditate.

Influența umidității asupra anumitor proprietăți electrice ale materialelor izolante se poate cerceta sub aspect teoretic și apoi verifica practic, astfel încît pe baza unui număr mare de rezultate experimentale să se poată stabili un criteriu de apreciere a rezistenței materialelor izolante, în exploatare, în condiții de umiditate ridicată. Deoarece modificarea rezistenței volumetrice și a unghiului de pierderi în dielectric reprezintă criterii de apreciere utilizate curent în încercările profilactice ale izolației mașinilor electrice de înaltă tensiune, ca și rigiditatea dielectrică, care este caracteristica esențială a izolației, se impune cunoașterea influenței umidității, în primul rînd, asupra acestor parametri ai materialelor izolante.

1.1. *Influența umidității asupra rezistenței de izolație volumetrice, a materialelor izolante*

Umiditatea pătrunsă în materialele izolante se poate găsi, în general, sub trei forme [1]. Reprezentarea schematică a acestor forme este dată în figurile 1 a, b și c.

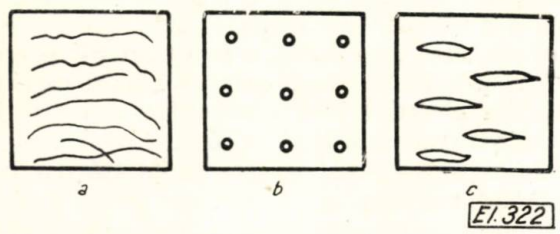


Fig. 1. Schema secțiunii unor materiale izolante umezite.

În secțiunea *a*, specifică materialelor izolante stratificate, se văd canalele conductoare orientate în direcția straturilor, care influențează rezistența volumetrică a izolației. Pentru calcularea rezistenței volumetrice a materialului [1] se admit cîteva simplificări, și anume se înlocuiește rețeaua de canale prin unul singur și calculul se face pentru un material de formă cubică cu volumul de 1 m³. Considerînd lungimea canalului l_c și secțiunea medie a canalului:

$$S_c = \frac{V_c}{K \cdot l_c} \qquad (1)$$

unde:

V_c este volumul de apă în canale;

K — constanta care pune în evidență faptul că unirea electrozilor de către canale nu se face pe calea cea mai scurtă.

Rezistența canalelor examinate va fi:

$$R_c = \rho_{H2O} \frac{K^2 l_c^2}{V_c} \ \Omega, \qquad (2)$$

unde ρ_{H2O} este rezistența specifică a apei.

Deoarece canalele ocupă o parte neglijabilă din volumul cubului, rezistența acestuia se poate socoti numeric egală cu rezistența specifică a materialului izolant fără canale ρ_0. În acest caz, rezistența totală a cubului va fi:

$$R = \frac{R_0 \cdot R_c}{R_0 + R_c} = \frac{\rho_0 \rho_{H2O} K^2 l_c^2}{\rho_0 V_c + \rho_{H2O} K^2 l_c^2}. \qquad (3)$$

Rezistența specifică a apei este foarte mică în raport cu rezistența specifică a materialului izolant și atunci:

$$R = \rho_{H_2O} \frac{K^2 l_c^2}{V_c} \ \Omega. \qquad (4)$$

Aceasta arată că o dată cu creșterea conținutului de apă în dielectric, sub forma prezentată în schema *a*, rezistența de izolație volumetrică se micșorează. Considerația arătată este adevărată numai pentru materialele ale căror canale conductoare leagă ambii electrozi și nu se poate extinde asupra materialelor cu cavități sferice sau neregulate, despărțite, ca cele reprezentate în figura 1 b și c. Pentru materialele la care umezirea se produce ca în secțiunile *b* și *c*, în lucrarea [1] se stabilește concluzia că umiditatea pătrunsă în cavități nelegate nu influențează, practic, asupra rezistenței volumetrice de izolație, lucru care a fost verificat și experimental pentru novomicaflex (fig. 5), irvobestos și vetroquinargo (fig. 9). În general, în timpul încercării materialelor izolante în atmosferă cu umiditate ridicată, rezistența lor volumetrică scade repede la început, apoi viteza de variație se micșorează. Curba modificării rezistenței de izolație este analogă curbei de umezire care tinde spre o stare de echilibru.

1.2. *Influența umidității asupra unghiului de pierderi în dielectric*

Examinarea influenței umidității asupra tangentei unghiului de pierderi a materialului izolant din schema *a*, figura 1, se face înlocuind materialul printr-o schemă echivalentă compusă dintr-o capacitate și o rezistență neinductivă, legate în paralel, pentru care:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{1}{\omega C R}, \qquad (5)$$

în care, înlocuind valorile pentru C și R se, obține:

$$\operatorname{tg}\ \delta = \frac{V_c}{V} \cdot \frac{1}{\omega \varepsilon_0\ \varepsilon_r\ K^2 \rho_{H_2O}}, \qquad (6)$$

unde:

ε_0 este permitivitatea vidului ($8{,}855 \cdot 10^{-12}$ F/m);
ε_r — permitivitatea relativă;
ω — pulsație rad/s.

Valoarea cantității de apă absorbită duce la micșorarea rezistenței izolației, respectiv a coeficientului K, ceea ce evidențiază dependența neliniară a tg δ în funcție de V_c/V. La calculul tg δ a materialelor izolante de tipul celor reprezentate în schema *b* și *c* din figura 1 se ține seamă de schema simplificată de înlocuire a materialului respectiv prin rezistențe și capacități, obținîndu-se pentru tg δ o influență asemănătoare a umidității.

La măsurările tg δ în cazul materialelor umezite se obțin valori care depind de felul materialului, de distribuția particulelor de umiditate în masa lui, dar și de caracterul suprafeței materialului, de prelucrarea ei, de faptul că electrozii de măsură au fost aplicați pe material numai în timpul măsurărilor sau și în perioada de umezire. Alegînd o metodologie unică de măsurare a tg δ pentru același tip de materiale se poate verifica gradul de umezire sau influența acesteia asupra unghiului de pierderi în dielectric.

1.3. Influența umidității asupra rigidității dielectrice a materialelor izolante

Străpungerea electrică a materialelor izolante apare în locul unde intensitatea cîmpului electric depășește rigiditatea dielectrică a materialului. În timpul umezirii, dacă materialul izolant se află permanent sub tensiune, nu există pericolul de a se umezi prea mult, deoarece la pătrunderea apei în material crește curentul de conducție și, datorită pierderilor care apar, materialul izolant se încălzește și umezirea se face mai greu. Cu totul altfel se comportă materialele care se află sub tensiune periodic. La umezirea materialului se umplu cavitățile sau capilarele cu apă condensată, astfel încît întreaga tensiune se aplică asupra straturilor neumezite sau slab umezite. Atunci cînd aceste cavități sau canale au forme alungite și orientate în direcția cîmpului, rigiditatea dielectrică a materialului scade foarte mult (de exemplu, rigiditatea dielectrică a materialelor stratificate pe direcția straturilor). În cazul cînd cavitățile sau capilarele materialului izolant sînt umplute cu vapori de apă, nu cu apă condensată, condițiile de distribuire a tensiunii în dielectric nu se deosebesc prea mult de condițiile de repartizare a tensiunii în materialul izolant care nu conține vapori de apă, fiindcă permitivitatea aerului uscat este aproape egală cu a aerului saturat cu vapori de apă.

În cazul încercărilor de laborator făcute asupra materialelor izolante se întîlnește în mod curent situația a doua, cînd tensiunea de încercare se aplică asupra materialului numai la anumite intervale de timp, aceasta reprezentînd situația cea mai grea.

La examinarea micșorării rigidității dielectrice, în funcție de timpul de menținere în atmosferă umedă, se poate observa că ea se produce similar cu micșorarea rezistenței de izolație, însă nu așa de rapid. Fiindcă absorbția umidității se produce la început repede și apoi scade, în raport cu reducerea diferenței presiunilor vaporilor de apă, respectiv tinde către un nivel de saturație, curba variației rigidității dielectrice va avea un caracter similar.

2. Obiectul cercetărilor experimentale

În cadrul cercetărilor experimentale efectuate la Uzinele „Electroputere" au fost supuse încercărilor, în mediu artificial de laborator, materiale electroizolante pe bază de mică, de azbest, materiale plastice stratificate și materiale celulozice, care se folosesc în construcția mașinilor și aparatelor electrice tropicalizate. Materialele studiate sînt fabricate în țară sau importate și fac parte din producția anilor 1960—1962. În vederea selecționării celor mai indicate materiale, pentru a fi utilizate în condițiile climatului tropical umed, s-a cercetat influența principalilor agenți climatici și biologici asupra caracteristicilor electrice ale acestor materiale. Ca urmare a rezultatelor obținute, cele mai rezistente au fost utilizate pentru realizarea unor structuri izolante, a căror comportare în climat artificial s-a verificat atît separat, cît și pe produse [12], care, ulterior, au fost livrate în țări cu climat tropical umed, unde funcționează de cîțiva ani în condiții climatice foarte grele.

Cercetarea comportării materialelor izolante la acțiunea combinată a temperaturii și umidității a urmărit și scopul de a găsi soluțiile cele mai economice, fără a scădea exigența față de performanțele produselor. Un alt obiectiv, nu mai puțin important, a constat în verificarea experimentală a considerațiilor teoretice referitoare la influența umidității asupra proprietăților electrice ale materialelor izolante și în stabilirea unor metode noi față de cele întîlnite în literatura tehnică de specialitate [1], [2], [3], [5] pentru aprecierea comportării unor materiale izolante la acțiunea umidității.

3. Metodologia de încercare

Încercarea materialelor izolante la acțiunea climei tropicale în condiții naturale necesită un timp foarte îndelungat și de aceea s-au ales

încercările accelerate în climat de laborator, care satisfac și ritmul impus de nevoile de fabricație. Ca utilaj de bază pentru realizarea acțiunii combinate a temperaturii și umidității s-a folosit o cameră pentru încercări climatice de labora-

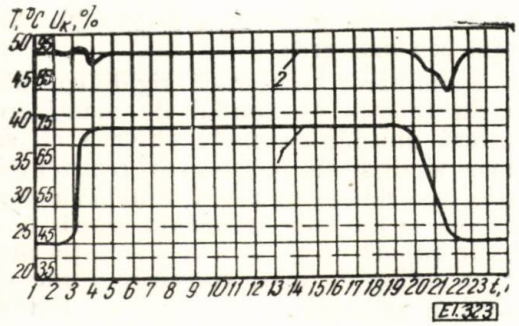


Fig. 2. Ciclul de încercări pentru climat tropical umed TH:
1 — temperatura; *2* — umiditatea.

tor, conform DIN 50010, care permite obținerea următorilor parametri: temperatura între — 10°C și + 80°C, umiditatea relativă cuprinsă între 10 și 100%.

Încercarea s-a făcut pe cicluri de formatul celui prezentat în figura 2, menținîndu-se continuitatea lor, iar durata totală de încercare fiind de 56 cicluri.

În mod special s-a pus problema alegerii celor mai obiective criterii, pentru aprecierea stării materialelor și structurilor izolante pe timpul încercării climatice. Astfel, pentru evaluarea rezistenței climatice a materialelor și, în parte, și pentru structurile izolante, s-a propus măsurarea variației greutății, a permitivității, a tangenței unghiului de pierderi, a rezistenței de izolație volumetrică la 1 min, a tensiunii de străpungere etc. Dintre acestea unele sînt verificate curent și în exploatare.

Modificarea în greutate a diferitelor materiale în mediu TH s-a verificat cu ajutorul balanței analitice și s-a ajuns la concluzia că poate avea două cauze — absorbția de apă care se înregistrează printr-o creștere în greutate, pe de o parte (aceasta fiind componenta principală), și o eventuală pierdere de substanțe solubile în apă sau volatile, care se traduce printr-o scădere în greutate, pe de altă parte.

În cazul încercărilor în climat artificial de laborator, cele două fenomene nu au putut fi studiate separat și deci prin cîntărire s-a trasat curba rezultantă. Permitivitatea și tangenta unghiului de pierderi s-au măsurat cu ajutorul unei punți „Giebe-Zickner" care este o punte Schering modificată, de joasă tensiune (200 V, 800 Hz), fiind recomandată de CEI pentru măsurarea lui ε și tg δ la materiale. Măsurarea rezistenței de izolație volumetrice după un minut s-a făcut cu teraohmmetru la 500 V. Pentru încercarea la tensiunea de străpungere în curent alternativ la 50 Hz s-a folosit o stație ridicătoare de tensiune, la care tensiunea a fost măsurată pe partea de înaltă tensiune cu ajutorul unui voltmetru electrostatic.

Comportarea tuburilor de pertinax folosite în construcția întreruptoarelor de înaltă tensiune (diametrul exterior 270 mm, grosimea peretelui 25 mm) în climat tropical umed, la care măsurările efectuate la tensiuni joase nu dau rezultate concludente, a fost apreciată cu ajutorul curbelor de autodescărcare, care se obțin prin oscilografierea variației tensiunii la bornele unui condensator avînd ca dielectric tubul studiat după aplicarea timp de 5 min a unei tensiuni contiune suficient de mare. Alegerea unei astfel de metodologii pentru încercarea tuburilor de pertinax s-a făcut pe baza următoarelor considerente: izolația mașinilor și aparatelor electrice este, de obicei, neomogenă din cauza umezirii ei în procesul de exploatare sau din cauza neomogenității materialelor izolante. Schema simplificată a izolației neomogene poate fi considerată un condesator cu două straturi cu schema indicată în figura 3.

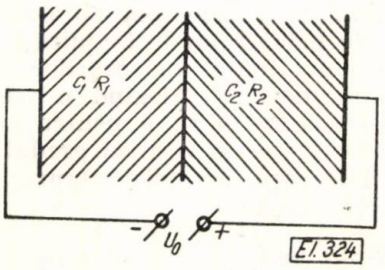


Fig. 3. Schema simplificată a unui material izolant neomogen.

Capacitățile straturilor C_1 și C_2 sînt determinate de grosimea acestora și variază relativ puțin în funcție de starea dielectricului. Rezistențele de scurgere ale straturilor R_1 și R_2 depind, dimpotrivă, în primul rînd, de starea dielectricului. Din această cauză, pentru izolația neomogenă

$$\frac{C_2}{C_1} \neq \frac{R_1}{R_2}. \tag{7}$$

La supunerea unui astfel de material izolant la o tensiune continuă, în primul moment tensiunea se va repartiza pe cele două straturi invers proporțional cu capacitatea acestora:

$$\frac{U_{1in}}{U_{2in}} = \frac{C_2}{C_1}, \tag{8}$$

$$U_{1in} = U_0 \frac{C_2}{C_1 + C_2}, \tag{8a}$$

$$U_{2in} = U_0 \frac{C_1}{C_1 + C_2}, \tag{8b}$$

în care:

U_0 este tensiunea la borne;
U_{1in} — tensiunea inițială pe stratul 1;
U_{2in} — tensiunea inițială pe stratul 2;
C_1, R_1 — capacitatea, respectiv rezistența stratului 1;
C_2, R_2 — capacitatea, respectiv rezistența stratului 2.

În regim permanent, tensiunea pe straturi este proporțională cu rezistența:

$$\frac{U_{1fin}}{U_{2fin}} = \frac{R_1}{R_2}, \tag{9}$$

$$U_{1fin} = U_0 \frac{R_1}{R_1 + R_2}, \tag{9a}$$

$$U_{2fin} = U_0 \frac{R_2}{R_1 + R_2}. \tag{9b}$$

Dacă se deconectează sursa de tensiune, iar electrozii aplicați pe izolație nu sînt scurt-circuitați, modificarea tensiunii acestor electrozi se face după o curbă de autodescărcare. În momentul începerii autodescărcării, tensiunea pe toate straturile corespunde tensiunii sursei, iar tensiunea pe fiecare strat se repartizează după relația (9). În timp, tensiunea pe electrozi reprezintă o sumă de funcțiuni exponențiale care rezultă din descărcarea capacităților straturilor pe rezistențele lor de scurgere. Cu cît scade mai repede tensiunea pe armături la autodescărcare, cu atît este mai mare conductivitatea straturilor. Deoarece conductivitatea crește cu umezirea în funcție de timpul de autodescărcare, se poate aprecia starea de umezire a materialului izolant.

4. Rezultate experimentale

În construcția mașinilor și aparatelor electrice de înaltă tensiune se utilizează materiale izolante avînd o rigiditate dielectrică ridicată, rezistivitate mare și pierderi în dielectric mici, atît la temperatura normală, cît și la temperatura de lucru. Experiența acumulată cu privire la materiale și structuri izolante folosite în construcția de mașini și aparate electrice pentru mediul normal a permis selecționarea pentru cercetarea comportării în climat tropical umed a unor grupe de materiale izolante care au o rezistență mai mare la umiditate [2], [6], [8], [11], [12]. În continuare, se prezintă rezultatele obținute experimental pe baza cercetărilor efectuate asupra comportării acestor grupe de materiale în climat cald-umed de laborator.

4.1. Materiale izolante pe bază de mică

În vederea utilizării produselor pe bază de mică și hîrtie de mică, în construcția produselor tropicalizate s-a cercetat comportarea în climat tropical umed a unor probe de micafoliu cu șelac, sticlomicafoliu, HMH (hostophan-mică-hostophan) și novomicaflex (produs pe bază de hîrtie de mică) avînd compoziția prezentată în tabela 1.

Tabela 1

Materialul	Grosimea, mm	Mică, %	Sticlă, %	Hîrtie, %	Folie hostaphan, %	Liant, %	Volatile, %
Micafoliu	0,223	66,00	—	11,37	—	22,43	0,2
Sticlomicafoliu	0,115	63,71	16,63	—	—	19,05	0,61
HMH	0,224	59,98	—	—	26,405	13,45	0,165
Novomicaflex	0,224	70,11	19,88	—	—	9,41	0,6

Cîte cinci epruvete din fiecare material au fost supuse condițiilor climei tropicale umede, realizate în camera de încercări de laborator timp de 56 cicluri, urmărindu-se variația valorilor medii a următoarelor mărimi fizice: tangenta unghiului de pierderi în dielectric, rezistența de izolație volumetrică, rigiditatea dielectrică la frecvența industrială și greutatea epruvetelor. Variația acestor mărimi în funcție de numărul de cicluri este prezentată în figurile 4, 5, 6 și 7.

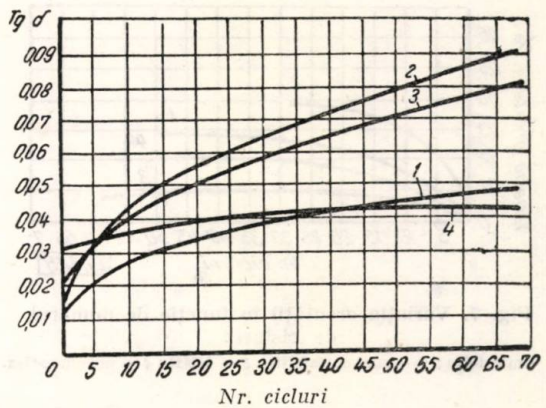


Fig. 4. Variația tg δ în funcție de numărul de cicluri:
1 — micafoliu; *2* — sticlomicafoliu; *3* — HMH; *4* — novomicaflex.

Ţinînd seamă de rezultatele obţinute se constată că materialele pe bază de mică şi hîrtie de mică încercate sînt influenţate de umiditate

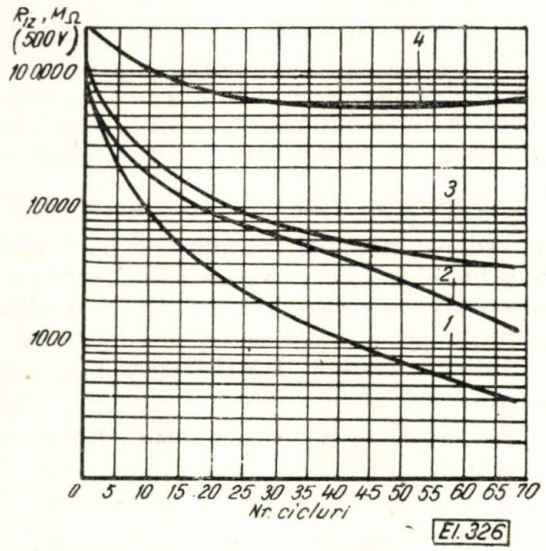


Fig. 5. Variaţia rezistenţei de izolaţie în funcţie de numărul de cicluri :
1 – micafoliu ; *2* – sticlomicafoliu ; *3* – HMH ; *4* – novomicaflex.

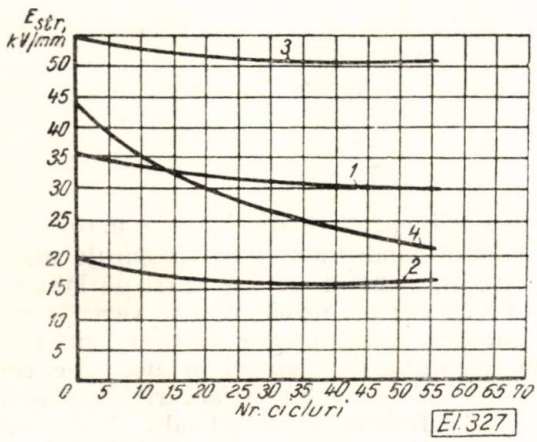


Fig. 6. Variaţia rigidităţii dielectrice în funcţie de numărul de cicluri :
1 – micafoliu ; *2* – sticlomicafoliu ; *3* – HMH ; *4* – novomicaflex.

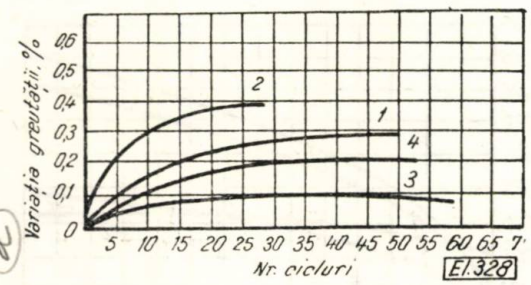


Fig. 7. Variaţia greutăţii în funcţie de numărul de cicluri :
1 – micafoliu ; *2* – sticlomicafoliu ; *3* – HMH ; *4* – novomicaflex.

în timpul condiţionării climatice. Caracteristicile electrice finale prezintă totuşi valori care permit utilizarea acestora la izolarea căilor de curent la maşini şi aparate care funcţionează în condiţii de umiditate ridicată. Schimbarea acestor caracteristici la materialele cercetate se datoreşte acţiunii umidităţii asupra liantului şi suportului. În climat cald-umed materialele pot fi expuse şi acţiunii mucegaiului, a cărui dezvoltare pe materiale reduce mult anumite proprietăţi electrice.

Pentru verificarea comportării faţă de mucegai au fost încercate cîte 15 epruvete din fiecare material la acţiunea unui amestec de spori : Aspergillus niger, Aspergillus amstelodami, Paecilomyces varioti, Stachybotrys atra, Penicillium brevi compactum, Penicillium cyclopium şi Chaetomium globosum. Condiţionarea după inoculare cu amestecul de spori în soluţie apoasă la 28 – 30°C şi umiditate de 95 – 100% a durat 28 de zile. Pe baza controlului periodic cu ochiul liber şi cu microscopul × 50 s-a constatat că mucegaiurile nu se dezvoltă pe suprafaţa materialelor cercetate.

4.2. Materiale izolante pe bază de azbest

Materialele pe bază de fibre de azbest au o stabilitate termică mare şi se utilizează în construcţia maşinilor şi aparatelor electrice de înaltă tensiune, la izolarea bobinelor care se impregnează, pentru executarea pereţilor camerelor de stingere a arcului electric, la confecţionarea de plăci de borne, a garniturilor etc. Fibrele de azbest sînt mai puţin higroscopice decît fibrele organice naturale, totuşi din cauza apei din compoziţia cristalelor şi din cauză că azbestul este puternic polar, are utilizări limitate la tensiuni înalte. Pentru verificarea comportării în climat cald-umed s-au încercat materialele provenite din import care se utilizează curent în construcţia maşinilor electrice folosite în tracţiune : vetro-azbest, vetro-quinargo, irvo-bestos, cartazbest, avînd compoziţia din tabela 2.

Tabela 2

1 Materialul	6 Grosimea, mm	7 Azbest, %	8 Sticlă %	9 Folie, %	10 Liant, %	11 Volatile, %
2 Vetro-azbest	0,358	48,10	10,27	—	40,43	1,2
3 Vetro-quinargo	0,2126	35,40	19,6	—	3,51	—
4 Irvo-bestos	0,716	46,57	—	16,96	36,11	0,73
5 Cartazbest	1,188	58,00	—	—	41,16	1,84

Au fost supuse încercărilor în climat tropical umed creat în laborator tot cîte cinci epruvete din fiecare material, urmărindu-se variaţia următoarelor mărimi fizice : tg δ, rezistenţa volumetrică de izolaţie şi greutatea. Modul cum variază aceste proprietăţi în funcţie de numărul de cicluri la care au fost supuse materialele este prezentat în figurile 8, 9 şi 10.

Se observă că materialele irvo-bestos și vetro-quinargo au o comportare mai bună la acțiunea combinată a temperaturii și umidității decît

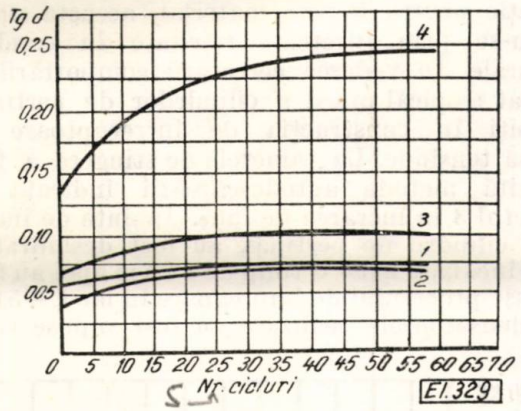


Fig. 8. Variația tg δ în funcție de numărul de cicluri :
1 — irvo-bestos ; *2* — vetro-quinargo ; *3* — vetro-azbest ; *4* — cartazbest.

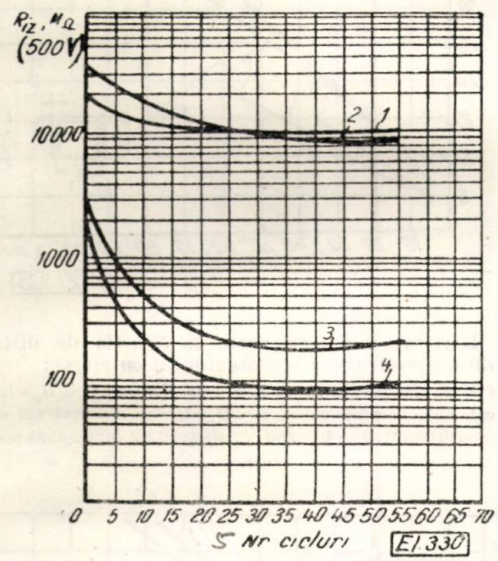


Fig. 9. Variația rezistenței de izolație în funcție de numărul de cicluri :
1 — irvo-bestos ; *2* — vetro-quinargo ; *3* — vetro-azbest ; *4* — cartazbest.

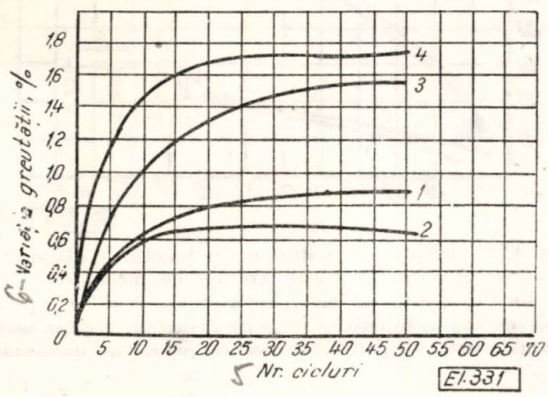


Fig. 10. Variația greutății în funcție de numărul de cicluri :
1 — irvo-bestos ; *2* — vetro-quinargo ; *3* — vetro-azbest ; *4* — cartazbest.

celelalte materiale analizate, cartazbestul avînd o creștere accentuată a unghiului de pierderi, cum și o scădere foarte mare a rezistenței de izolație. Supuse încercărilor micologice în aceleași condiții ca și produsele pe bază de mică, după inocularea cu amestecul de spori amintit, pe materialele pe bază de azbest nu s-a dezvoltat mucegaiul, cu excepția cartazbestului pe care s-au observat, după încercare, micelii și spori angiofori. Deci, cartazbestul nu poate fi folosit în construcțiile tropicalizate pe care sînt posibile dezvoltări de mucegaiuri, iar vetro-azbestul va fi folosit în acele structuri izolante în care influența umidității și temperaturii asupra lor nu pune în pericol funcționarea produsului.

4.3. Materiale stratificate presate

Materialele stratificate presate sînt obținute din foi de hîrtie sau țăsături de bumbac, azbest sau sticlă și rășini sintetice, prin presare la cald. Dintre materialele stratificate presate au fost supuse încercărilor : pertinaxul, produs pe bază de hîrtie specială, cu capacitate mare de absorb-

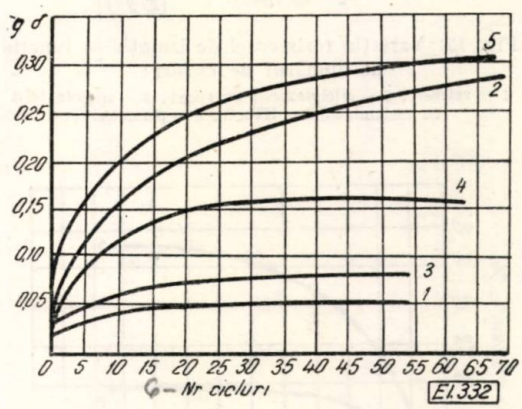


Fig. 11. Variația tg δ în funcție de numărul de cicluri :
1 — vetresit ; *2* — sticlotextolit cu epoxi ; *3* — sticlotextolit cu melamină ; *4* — HPAG ; *5* — pertinax.

ție, impregnată cu rășini sintetice de tip fenol-formaldehidice, HPAG, produs pe bază de țesături de azbest și rășină sintetică epoxidică, vetresit și sticlotextolit, produse pe bază de țesături de sticlă și rășini sintetice epoxidice sau melaminice. Variația caracteristicilor fizice ale acestor materiale în funcție de numărul de cicluri de condiționări climatice este prezentată în figurile 11, 12 și 13.

În vederea stabilirii reducerii distanțelor de conturnare în mediu tropical umed, la sticlotextolitul cu epoxi sau cu melamină, materiale folosite pentru construcția plăcilor de borne la mașinile electrice rotative sau la construcția diferitelor piese la aparatele de înaltă tensiune, a fost cercetată variația tensiunii de conturnare în funcție de distanță în mediu normal și după condiționare în mediu cald-umed, timp de 21 de cicluri. Rezultatele obținute folosind două tipuri

de electrozi, pentru sticlotextolit cu epoxi de 4 mm sînt prezentate în figura 14, iar pentru sticlotextolitul cu melamină de 6 mm sînt prezentate în figura 15.

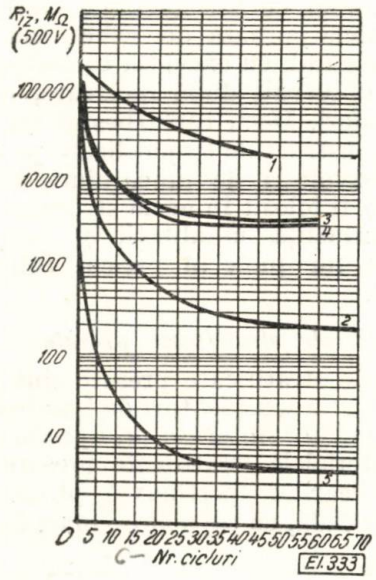


Fig. 12. Variația rezistenței de izolație în funcție de numărul de cicluri:
1 — vetresit; *2* — sticlotextolit cu epoxi; *3* — sticlotextolit cu melamină; *4* — HPAG; *5* — pertinax.

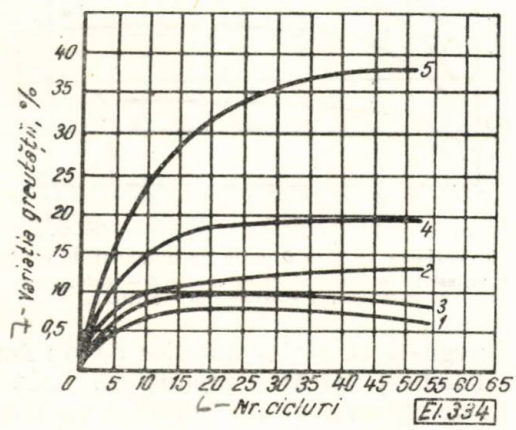


Fig. 13. Variația greutății în funcție de numărul de cicluri:
1 — vetresit; *2* — sticlotextolit cu epoxi; *3* — sticlotextolit cu melamină; *4* — HPAG; *5* — pertinax.

La cele două tipuri de sticlotextolit din compararea curbelor pentru electrozii colier cu cele pentru electrozii cui, se vede că după umezire apar curenți de scurgere și între straturi, lucru pus în evidență de valorile mai scăzute ale tensiunii de conturnare obținute cu electrozii cui. La folosirea electrozilor colier conturnarea se produce pe muchie, adică pe suprafața prelucrată. Deși în cadrul încercărilor (condiționarea climatică de 21 de cicluri) umezirea s-a produs fără murdărirea suprafeței, tensiunea de conturnare a scăzut în medie cu 40% pentru sticlotextolitul cu epoxi și cu 70% pentru sticlotextolitul cu melamină, la folosirea electrozilor cui. Pentru mărirea siguranței în exploatare a produselor în construcție tropicalizată trebuie stabiliți coeficienții de mărire a nivelului de izolație pentru fiecare material, aceasta stabilindu-se prin încercări repetate în condiții naturale. În vederea cercetării comportării în climat tropical umed a cilindrilor de pertinax folosiți în construcția de întreruptoare de înaltă tensiune. La camerele de stingere a fost folosită metoda autodescărcării indicată la punctul 3 în lucrarea de față. Înainte de încercare cilindrii de pertinax au fost deshidratați prin încălzire la 90°C timp de 12 h și apoi au fost supuși procesului de impregnare în lac C—51M. Condensatoarele realizate au fost supuse timp

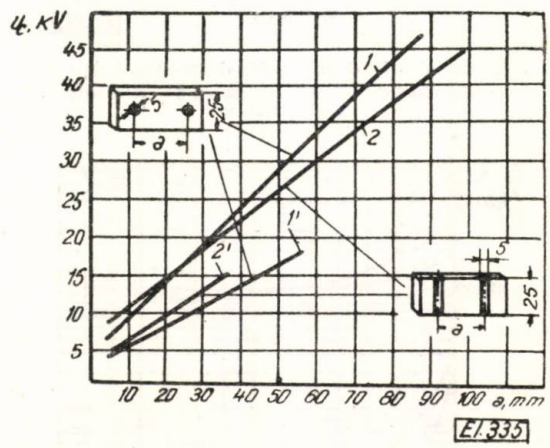


Fig. 14. Tensiunea de conturnare în funcție de distanța dintre electrozi la sticlotextolitul cu epoxi:
1 — $U_c = f(a)$ cu electrozi cui, înainte de condiționare; *1'* — $U_c = f(a)$ cu electrozi cui, după condiționare; *2* — $U_c = f(a)$ cu electrozi cui colier, înainte de condiționare; *2'* — $U_c = f(a)$ cu electrozi cui colier, după condiționare.

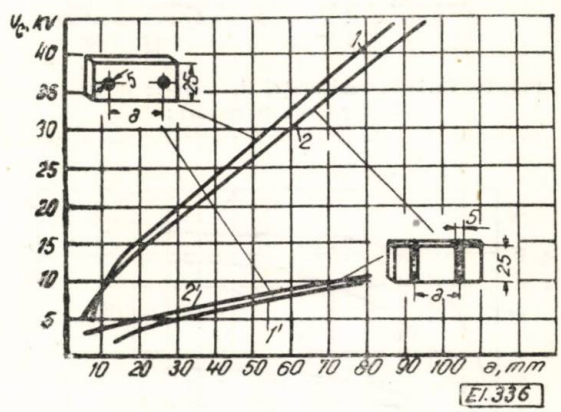


Fig. 15. Tensiunea de conturnare în funcție de distanța dintre electrozi la sticlotextolitul cu melamină:
1 — $U_c = f(a)$ cu electrozi cui, înainte de condiționare; *1'* — $U_c = f(a)$ cu electrozi cui, după condiționare; *2* — $U_c = f(a)$ cu electrozi cui colier, înainte de condiționare; *2'* — $U_c = f(a)$ cu electrozi cui colier, după condiționare.

de 5 min tensiunii de 30 kVc.c. După deconectarea sursei, condensatoarele s-au autodescărcat pe rezistența proprie de pierderi.

Prin prelucrarea oscilogramelor de variație a tensiunii armăturilor în funcție de timp s-au obținut curbele 1 din figurile 16 și 17. În continuare, condensatoarele au fost tratate în mod diferit, și anume: un condensator a fost supus condiționării în climat cald-umed, urmărindu-se variația tensiunii de autodescărcare după 1 și 5 cicluri, valori reprezentate în figura 16 prin curbele 2, respectiv 3. Alt condensator a

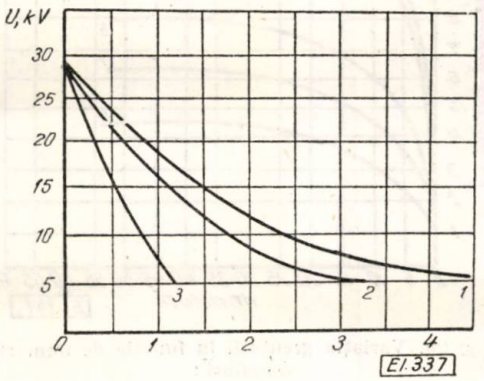


Fig. 16. Tensiunea de autodescărcare în funcție de timp [s]:
1 – starea inițială; *2* – după un ciclu; *3* – după cinci cicluri.

fost lăsat în mediul din laborator cu temperatura de 25°C ± 5°C și $U_k = 50 \pm 5\%$ și la aceleași intervale de timp ca la primul s-au urmărit valorile tensiunii de autodescărcare, reprezentate în figura 17 prin curbele 2, respectiv 3.

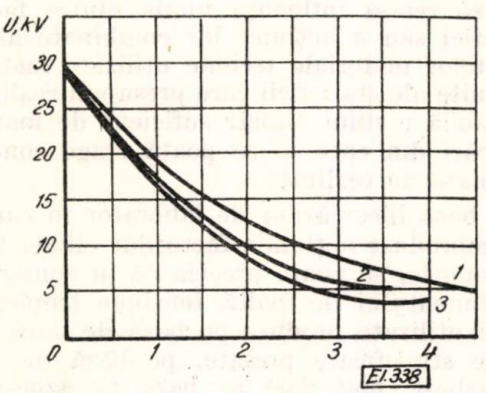


Fig. 17. Tensiunea de autodescărcare în funcție de timp [s]:
1 – starea inițială; *2* – după 1 × 24 h; *3* – după 5 × 24 h.

Prin determinarea constantelor de autodescărcare se poate stabili influența umidității asupra cilindrilor din pertinax în mediul normal și mediul tropical umed.

Comportarea nesatisfăcătoare a pertinaxului sub formă de plăci, reprezentată în figurile 11, 12 și 13, și comportarea cilindrilor prezentată anterior au dus la concluzia că materialele stratificate presate, de tipul pertinaxului, nu pot fi folosite în construcții tropicalizate, decît dacă li se aplică o protecție prin lăcuire cu lacuri corespunzătoare, respectîndu-se indicațiile din literatură [7]. Supuse încercărilor la acțiunea mucegaiurilor, materialele stratificate cercetate au avut o comportare bună, sticlotextolitul cu melamină fiind cel mai puțin rezistent dintre ele. În general, materialele stratificate pe bază de țesătură de sticlă sau azbest pot fi utilizate în construcția mașinilor și aparatelor de înaltă tensiune tropicalizate.

4.4. Materiale izolante pe bază de celuloză

Celuloza este o substanță organică formată din fibre care conțin între ele spații submicroscopice atît în lungul fibrelor, cît și perpendicular pe acestea, care pot absorbi umiditatea care mărește pierderile în dielectric și micșorează rigiditatea dielectrică, și așa redusă din cauza golurilor de aer. În general, folosirea materialelor pe bază de celuloză la produse care funcționează în climat tropical umed nu se recomandă. Larga lor utilizare la construcțiile normale și considerente de ordin economic au impus cercetarea lor, atît pentru precizarea posibilităților de folosire la produsele în construcție tropicalizată, cît și pentru comparație cu celelalte materiale. Au fost cercetate următoarele materiale: hîrtie natron, preșpan, fibră, leteroid și nuvolit, avînd compoziția din tabela 3.

Tabela 3

Materialul	Grosimea, mm	Celuloza, %	Folie hostaphan, %	Umiditatea inițială, %	Alte părți componente, %
Hîrtie natron	0,07	93,25	—	6,29	0,46
Preșpan	1,71	91,75	—	6,475	1,77
Fibră	0,85	94,10	—	5,9	—
Leteroid	0,2	93,25	—	6,75	—
Nuvolit	0,261	75,78	19,8	3,9	0,52

În timpul încercărilor climatice în climat tropical umed de laborator, s-au ridicat curbele reprezentînd rezistența de izolație, rigiditatea dielectrică și variația greutății (fig. 18, 19 și 20).

Din curbele trasate se observă că preșpanul și fibra au o comportare nesatisfăcătoare în condițiile climatului tropical umed. Rezistența de izolație a acestor materiale înainte de 10 cicluri scade atît de mult, încît nu mai poate fi măsurată cu teraohmmetrul; la hîrtia natron se obține o comportare asemănătoare cu aceea a preșpanului și a fibrei, cu deosebire că rezistența de izolație rămîne în limita unor valori mai mari. Mai bine se comportă nuvolitul și leteroidul, care pot fi folosite în construcția mașinilor electrice ca izolație de crestătură, deoarece prin impregnarea mașinii, absorbția

de umiditate va scădea, şi caracteristicile electrice se vor menţine mai aproape de valorile iniţiale.

Supuse încercărilor la acţiunea mucegaiurilor în condiţiile climatului tropical umed,

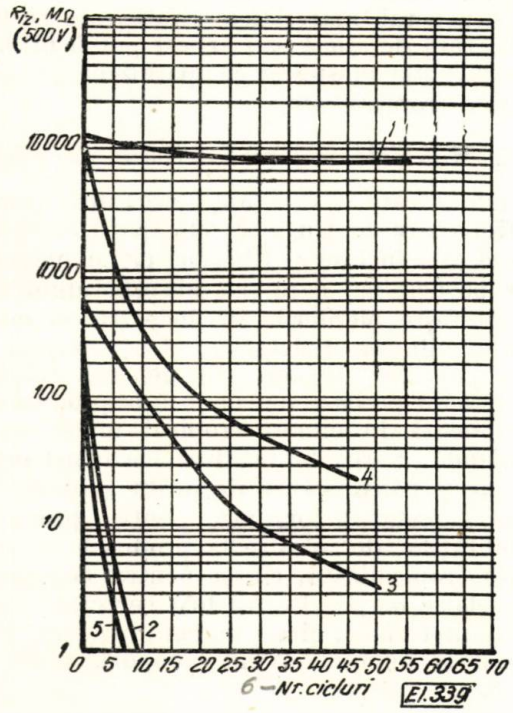


Fig. 18. Variaţia rezistenţei de izolaţie în funcţie de numărul de cicluri :
1 – leteroid ; *2* – fibră ; *3* – natron ; *4* – nuvolit ; *5* – preşpan.

nici unul dintre materialele electrolizolante pe bază de celuloză nu au rezistat, ceea ce arată că utilizarea lor impune măsuri speciale de protecţie contra mucegaiurilor.

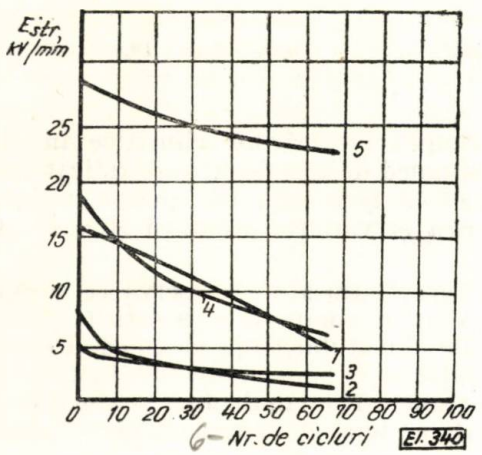


Fig. 19. Variaţia rigidităţii dielectrice în funcţie de numărul de cicluri :
1 – natron ; *2* – preşpan ; *3* – fibră ; *4* – leteroid ; *5* – nuvolit.

Materialele pe bază de celuloză pot fi folosite în construcţia produselor în execuţie tropicalizată fără rezerve în cazul utilizării lor în medii care le feresc de umiditate (de exemplu, ulei, răşini de turnare etc.) sau cu rezerve prin aplicarea unor protecţii corespunzătoare ca impregnare, fungicizare etc.

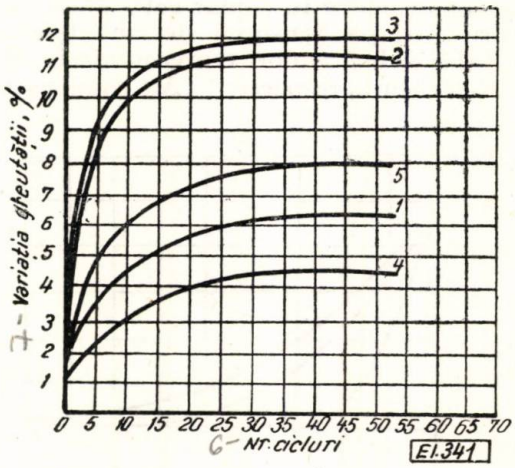


Fig. 20. Variaţia greutăţii în funcţie de numărul de ciluri :
1 – natron ; *2* – preşpan ; *3* – fibră ; *4* – leteroid ; *5* – nuvolit.

5. Concluzii

Materialele izolante utilizate în construcţia maşinilor şi aparatelor electrice de înaltă tensiune sînt puternic influenţate de factorii determinanţi ai climatului tropical umed, aşa cum reiese din diagramele ridicate.

Pentru stabilirea unor legi cantitative din care să reiasă influenţa unuia dintre factorii climatici sau a acţiunii lor combinate asupra diferitelor materiale trebuie utilizate metodele obişnuite ale statisticii care presupun realizarea prealabilă a unui număr suficient de mare de încercări din care să se poată trage concluzii apropiate de realitate.

Pe baza încercărilor de laborator în care au fost reproduse acţiunile factorilor climei tropicale umede, se poate preciza că în construcţia echipamentului de înaltă tensiune tropicalizat pot fi utilizate produse pe bază de mică, materiale stratificate presate, pe bază de sticlă sau azbest, materiale pe bază de azbest, de tipul celor încercate, cu condiţia ca să se utilizeze lacuri şi răşini rezistente la temperatură, umiditate şi la acţiunea mucegaiurilor.

Materialele izolante pe bază de celuloză nu sînt, în general, indicate pentru a fi folosite în construcţia produselor tropicalizate, dar în situaţia că nu se poate renunţa la ele, trebuie să li se aplice protecţii speciale.

Rezultatele obţinute în laborator vor trebui completate cu cercetarea amănunţită a comportării în exploatare a acestor materiale, în vederea stabilirii duratei de serviciu în climat tropical umed, pentru definitivarea soluţiilor stabilite pe baza încercărilor de laborator.

Sînt necesare, de asemenea, lucrări de cercetare comparativă a comportării materialelor, în special a celor din producţia indigenă, în mediu artificial de laborator şi în mediu natural, pentru determinarea coeficienţilor de accelerare a încercărilor.

Bibliografie

[1] *Richtera, M.* şi *Bartakova B.* Tropicalizaţia electrooborudovania. Moscova, 1962, p. 101 — 112.

[2] *Budig, P.* Untersuchungen an Isolierstoffen im feuchtwarmen Klima. In: Dtch. Elektrotechnik, 1957, p. 255.

[3] *Fritche, O.* şi *Kahl, W.* Verhalten des Isolationswiderstandes von Draht und Nutenisolierstoffen für elektrische Niedespannungsmaschinen in Tropenschrank. In: Dtsch. Elektrotechnik, 1956, p. 230.

[4] *Popescu, Ch., Raicu, V.* şi *Lefter, C.* Încercările funcţionale accelerate de durată de viaţă a materialelor electroizolante. In: Electrotehnica **10**, nr. 11, 1962, p. 419 — 425.

[5] *Nanu, A.* Încercarea materialelor electrotehnice. Bucureşti, Ed. tehnică, 1960.

[6] *Burdulea, C., Mathé, M.* şi *Stanciu, V.* Tropicalizarea maşinilor şi aparatelor electrice. Bucureşti, IDT, 1963.

[7] *Cristescu, M.* Materiale electroizolante stratificate pentru execuţia TH. În lucrări prezentate la a III-a sesiune tehnico-ştiinţifică a ICET. Bucureşti, IDT, 1962, p. 173—179.

[8] *Burdulea, C.* şi *Dănescu,* M. Rezultate experimentale obţinute la încercările climatice efectuate asupra unor materiale şi produse electrotehnice. Lucrare prezentată la sesiunea tehnico-ştiinţifică. Electroputere, 1962.

[9] *Skipetrov, V.* şi *Albitzkaia, N.* Izolaţia electrică în condiţiile climatului tropical umed. Bucureşti, IDT, 1960 (traducere din Electricestvo, nr. 7, iulie 1957, p. 62 — 67).

[10] *Böer, W.* şi *Fritsche, O.* Stadiul actual al rezistenţei climatice la produsele electrotehnice. In: Electrotehnica **8**, nr. 1, 1960, p. 20 — 27.

[11] *Păun, M.* şi *Cotnăreanu, I.* Materiale electroizolante în construcţia echipamentului tropicalizat. In: Electrotehnica **7**, nr. 2, 1959, p. 48 — 55.

[12] *Burdulea, C., Stanciu, V.* şi *Mathé, B.* Klimaschutzprufüngen an Werkstoffen für elektrotechnische Erzeugnisse des rumänischen Werkes Electroputere. In: Information über Probleme des Klimaschutzes, nr. 4, 1963.

Intrat în redacţie la 12.VI.1963

Proiectarea şi realizarea unui scurtcircuitor de 30 kA, 500 V.

Ion Barbu* — Bucureşti

CZ 621.316.573.064.33.002.4

Un rol foarte important în producţia aparatelor electrice îl au staţiile de încercări la putere de rupere. De echipamentul acestor staţii depind tipurile de încercări realizate. Scurtcircuitorul este unul dintre elementele componente ale acestor staţii, cu importanţă hotărîtoare în obţinerea performanţelor staţiilor de încercări la putere de rupere. Scurtcircuitorul realizat a funcţionat în condiţii bune din anul 1960 în staţia de încercări la putere de rupere din I.C.E.T. şi a permis încercarea celor mai complexe aparate electrice în vederea îmbunătăţirii calităţii lor.

În ţara noastră, o dată cu dezvoltarea producţiei de aparate de joasă tensiune a devenit necesară înfiinţarea unor laboratoare pentru încercarea acestora în condiţii echivalente celor care apar în timpul perturbării unui sistem energetic, încercări în urma cărora aparatele pot fi îmbunătăţite şi garantate în exploatare.

Pentru înfiinţarea acestor laboratoare au existat preocupări continue [1], [2] şi astfel a luat fiinţă, printre alte laboratoare, laboratorul de încercare a aparatelor de joasă tensiune din I.C.P.E. [3]. În cadrul acestui laborator există o staţie de încercare în reţea la puterea de rupere de joasă tensiune, cu o capacitate de rupere de circa 30 kA_{ef}.

Aparatul care realizează scurtcircuitul, în cadrul staţiei de încercare la puterea de rupere, este un contactor (scurtcircuitor de construcţie specială). Acest aparat împreună cu comutatorul program [2] construit în I.C.P.E. formează contactorul sincron cu care se poate realiza scurtcircuitul la orice fază a tensiunii, realizînd astfel atît scurtcircuit simetric, cît şi asimetric.

Încercările la scurtcircuit direct în reţea impun o aparatură sigură şi specială pentru realizarea scurtcircuitului, astfel ca în timpul încercării scurtcircuitul să nu influenţeze buna funcţionare a receptoarelor, iar generatoarele să fie solicitate la minimum. Reducerea la minimum a perturbaţiilor asupra receptoarelor, precum şi reducerea la minimum a solicitărilor asupra transformatoarelor şi generatoarelor existente în reţea este realizabilă dacă durata scurtcircuitului se menţine la un minimum, practic cîteva perioade [2]. Scurtcircuitorul realizat împreună cu comutatorul program şi întreruptorul de protecţie permite obţinerea unui scurtcircuit de scurtă durată, avînd un timp de închidere mic (0,035 s), cu o dispersie redusă (4 grade electrice).

În lucrare sînt descrise construcţia şi calculul scurtcircuitorului proiectat de autor şi realizat în I.C.E.T., precum şi un studiu teoretic cu verificare experimentală asupra variaţiei con-

* Ing. *I. Barbu* este cercetător principal la I.C.P.E.

stantei de timp a bobinei unui electromagnet. Autorul a demonstrat analitic că această variație este independentă de numărul de spire și proporțională cu radicalul coeficientului de umplere al bobinei.

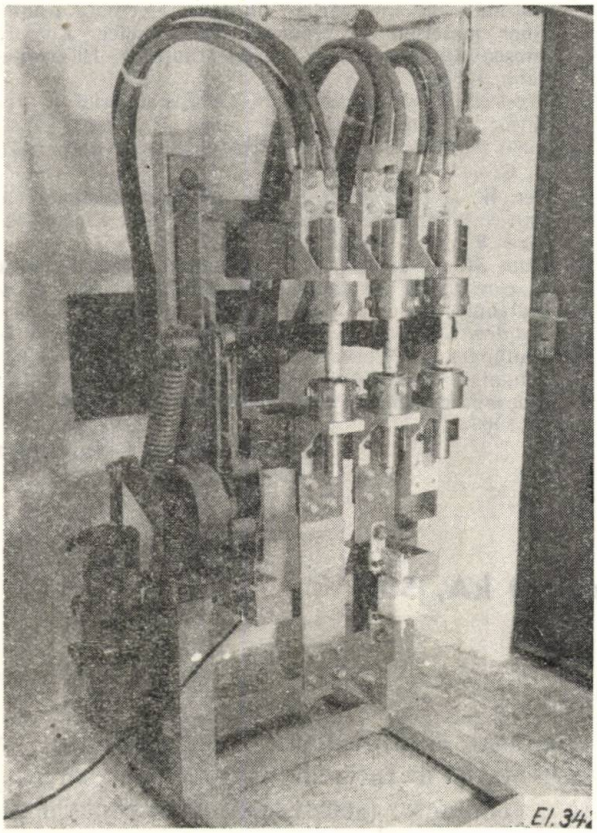


Fig. 1. Vederea de ansamblu a scurtcircuitorului.

1. Condiții principale cerute scurtcircuitorului

Scurtcircuitorul, prin funcția pe care o îndeplinește, trebuie să aibă o mare capacitate de anclanșare, fără capacitate de rupere. Capacitatea mare de anclanșare este necesară întrucît scurtcircuitorul stabilește curentul de scurtcircuit al stației de încercare la puterea de rupere, deschiderea făcîndu-se în gol.

Viteza contactelor la anclanșare este mare (circa 2 m/s) pentru a evita apariția arcului electric între contacte. Apariția arcului electric la anclanșare între contacte introduce în circuit o rezistență parazită (rezistența de arc), care modifică valoarea curentului de scurtcircuit fixat.

Dispersia timpului de anclanșare trebue să fie cît mai mică pentru a putea, cu ajutorul comutatorului program [2], ținînd seamă de timpul de anclanșare al scurtcircuitorului, să producem scurtcircuitul într-un moment dorit al tensiunii. Pentru obținerea unei dispersii cît mai mici a timpului de anclanșare este necesar ca acesta să fie mic. Scurtcircuitoarele de construcții moderne au o dispersie a timpului de anclanșare de cîteva grade electrice, mai mică de 10° electrice. Acționarea de închidere a contactelor se poate face cu dispozitive de acționare cu resorturi [3], [4] cu mișcarea contactelor mobile pe verticală și de sus în jos. Comanda dispozitivului de acționare trebue făcută cu electromagnet de curent continuu.

Necesitatea producerii scurtcircuitului într-un anumit defazaj al tensiunii rezultă din condiția obținerii curentului de scurtcircuit fie cu componentă aperiodică, fie fără componentă aperiodică. Este știut că valoarea maximă a componentei aperiodice a curentului de scurtcircuit apare în circuitele unde curentul este defazat cu $\frac{\pi}{2}$ față de tensiune la închiderea circuitului în momentul cînd tensiunea trece prin zero, iar valoarea zero a componentei aperiodice se obține dacă circuitul este închis la trecerea prin maxim a tensiunii. Pentru un defazaj φ între curent și tensiune, componenta aperiodică maximă apare cînd $(\psi - \varphi) = \frac{\pi}{2}$, iar curent fără componentă aperiodică se obține cînd $(\psi - \varphi) = 0$, unghiul ψ reprezentînd faza închiderii tensiunii. Aceasta rezultă din relația curentului de scurtcircuit într-un circuit cu rezistențe și inductanțe:

$$i = I_m \left[\sin(\omega t + \psi - \varphi) - \sin(\psi - \varphi)\, e^{-\frac{t}{T}}\right]. \quad (1)$$

Pentru obținerea unui scurtcircuit trifazat simetric fără componentă aperiodică este necesar ca în toate fazele circuitului să se elimine componenta aperiodică și aceasta se face, pentru circuite la care curentul este defazat cu $\frac{\pi}{2}$ față de tensiune, conectînd în momentul cînd tensiunea are valoarea maximă, astfel: se produce inițial în scurtcircuit bifazat fără componentă aperiodică prin închiderea circuitului în momentul valorii maxime a tensiunii compuse, iar a treia fază se închide după 90° electrice. Aceasta se poate obține prin scurtarea celui deal treilea contact, astfel încît el să închidă după 90° electrice.

Scurtcircuit trifazic asimetric se obține în același mod, urmărindu-se să se obțină pe fiecare fază componentă aperiodică maximă, deci se închide circuitul la trecerea tensiunii prin zero.

Pentru circuite la care defazajul este φ, obținerea scurtcircuitelor simetrice și asimetrice se face ca mai sus, cu deosebirea că închiderea pentru scurtcircuite simetrice se face la $(\psi - \varphi) = 0$ și pentru scurtcircuite asimetrice la $(\psi - \varphi) = \frac{\pi}{2}$.

2. Construcția scurtcircuitorului

Scurtcircuitorul tripolar realizat în I.C.P.E. este o construcție în aer, fără dispozitive de stingere a arcului electric. Aparatul construit răspunde cerințelor de bază, arătate. Schema de

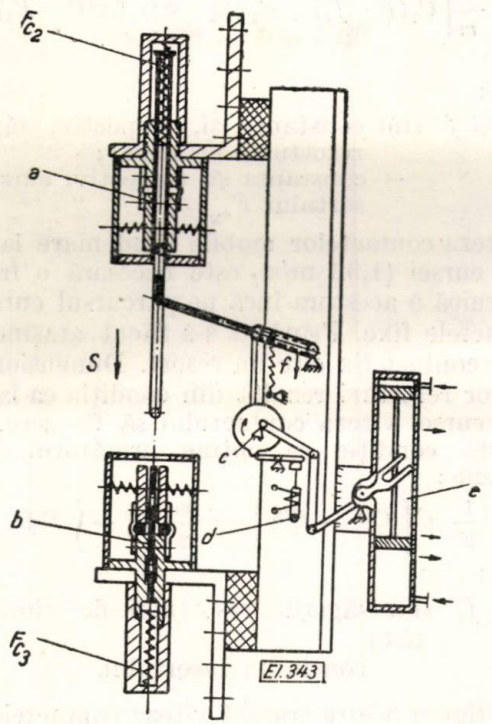


Fig. 2. Schema generală a scurtcircuitorului:
a — contactul mobil; *b* — contactul fix; *c* — dispozitivul de acționare; *d* — electromagnetul de comandă; *e* — dispozitiv pneumatic pentru armarea dispozitivului de acționare.

principiu poate fi urmărită în figura 2. Piesele întregului aparat sînt realizate exclusiv prin prelucrări mecanice (fiind vorba numai de un singur aparat) și cu o formă care a asigurat maximum de exactitate. Vom descrie părțile mai importante ale scurtcircuitorului.

2.1. Dispozitivul de acționare a contactelor este o construcție mecanică, fixată pe un cadru metalic pe care sînt așezate și contactele mobile și fixe. Dispozitivul este format dintr-un sistem de armare și zăvorîre și din resorturi mecanice puternice. În mod normal, contactele sînt deschise și resorturile dispozitivului de acționare, armate. La primirea comenzii de anclanșare, dată de un electromagnet care lovește clichetul sistemului de zăvorîre, resorturile sînt dezarmate — și dispozitivul de acționare antrenează contactele mobile. Resortul principal rotește, prin intermediul unui braț, un ax articulat în cadrul metalic; axul, cu ajutorul a trei brațe antrenează contactele mobile articulate de brațele respective. În scopul obținerii unui timp de anclanșare cît mai mic, pe lîngă resortul principal care are o forță maximă de 98 kgf, a mai fost atașat fiecărui contact mobil cîte un resort cu o forță maximă de 22 kgf, armarea dispozitivului de acționare făcîndu-se cu aer comprimat sau manual.

Deoarece cursa contactelor mobile în contactele fixe este mică (1,5 cm), iar viteza contactului mobil la atingerea contactului fix este mare (2,2 m/s), viteza la sfîrșitul cursei contactelor mobile este de 1,92 m/s. Din această cauză a fost necesară frînarea contactelor mobile din momentul atingerii contactelor fixe, lucru realizat, pe de o parte prin amortizoare de cauciuc fixate pe dispozitivul de acționare și prin resorturi fixate pe contactele fixe.

2.2. Ghidajele contactelor mobile sînt fixate toate pe o placă de pertinax, montată pe cadrul metalic, pentru a asigura atît izolarea între faze și fața de masă, cît și montarea lor cu ușurință în același plan. Contactele mobile executate din cupru au o mișcare pe verticală de sus în jos, legătura electrică cu borna fixă se face prin contacte glisante de tip tulipă. Unul din contacte, și anume cel din mijloc, este executat în două variante: în prima variantă, închiderea circuitului se face simultan cu a celorlalte două faze; în a doua variantă, închiderea circuitului fazei din mijloc se face cu 90° electrice în urmă.

2.3. Contactele fixe sînt și ele fixate pe o placă de pertinax care, la rîndul ei, este montată pe cadrul metalic pentru a asigura montarea lor în același plan. Contactele fixe sînt de tipul tulipă cu 6 elemente din cupru. Tulipele sînt legate de borna fixă, atît la contactele mobile, cît și la cele fixe, prin legături elastice formate din lamele subțiri din cupru.

3. Calculele principale ale scurtcircuitorului

Scurtcircuitorul fiind un aparat special se vor trata mai detaliat elementele cu caracter deosebit și care au o importanță hotărîtoare pentru funcționarea lui, ca de exemplu: cinematica contactelor, timpul de închidere, caracteristicile electromagnetului. Elemente, ca forța pe contact, secțiunea minimă a contactelor, au fost calculate cu formule uzuale indicate în continuare. Din calcule clasice [5] forța de apăsare $F = I^2/K^2$ pe contact a rezultat de 6 kgf. Secțiunea conductorului pentru timpul de 10 s la un curent de scurtcircuit de 30 kA se calculează cu formule dezvoltate în literatura de specialitate [6], [7], [8]:

$$\frac{I_s}{I_n} = n = \sqrt{\frac{1}{K_0 \tau \sqrt{D}} \left[\operatorname{argth} \frac{\sqrt{D}}{1 + \eta_1 \sqrt{D}} - \tau_0 \right]}. \quad (2)$$

O formulă practică dedusă de autor, avînd la bază calculele dezvoltate în lucrările [6], [7], [8] are expresia:

$$S = \frac{I}{\sqrt{\frac{1}{\varepsilon t_{sc}} \left(\frac{\gamma C}{\rho}\right)_0 \ln \frac{\varepsilon - \varepsilon_1 + 2\varepsilon_2 \tau_{sc}}{\varepsilon + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2 \tau_{sc}} \cdot \frac{\varepsilon + \varepsilon_1}{\varepsilon - \varepsilon_1}}}, \quad (3)$$

unde:

I este curentul de scurtcircuit, A;
c — căldura specifică, W/g°C;
γ — greutatea specifică, g/cm³,
$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon$ — constante ($\varepsilon_1 = 0{,}385 \cdot 10^{-2}$, $\varepsilon_2 = 0{,}75 \cdot 10^{-6}$ pentru Cu [6]) $\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_1^2 + 4\varepsilon_2}$);
ρ — rezistivitatea electrică, Ω mm²/m;
t_{sc} — durata scurtcircuitului.

Solicitările electrodinamice s-au calculat considerînd contactul mobil ca o grindă încastrată la un capăt, cu o sarcină uniform distribuită, cu formula:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16\, p\, l^2}{\pi \sigma}}, \tag{4}$$

unde:

d este diametrul contactului mobil, cm;
p — forța electrodinamică pe unitatea de lungime, kgf/cm;
l — lungimea contactului mobil, cm;
σ — solicitarea admisibilă, kgf/cm².

Presiunea electrodinamică se determină din calculul forței, considerînd contactele paralele de lungime infinită.

3.1. Cinematica contactelor. Din cinematica contactelor se determină viteza în funcție de cursă. Aceasta se face egalînd energia cinetică cu lucrul mecanic efectuat de forțele care acționează asupra unui contact:

$$v = \sqrt{\frac{2}{m}\int F \cdot ds}, \tag{5}$$

unde:

m este masa părților mobile, kgfs²/cm;
F — rezultanta forțelor pe direcția cursei, kgf;
S — cursa contactelor mobile, cm.

Forța rezultantă care acționează asupra unui contact are expresia:

$$F = F_{c_1} + F_{c_2} + G - F_f, \tag{6}$$

unde:

F_{c_1} este forța dată de resortul principal (al dispozitivului de acționare), kgf;
F_{c_2} — forța care acționează direct asupra contactului, kgf;
G — greutatea contactului, kgf;
F_f — forța de frecare, kgf.

Exprimînd forțele în funcție de cursa, săgeata și constantele resorturilor, se obține din (5):

$$v_1 = \sqrt{\frac{2}{m}\left[\int_{f_1}^{f_2} C_1 f\,df + \int_{s_1}^{s_2} C_2 s\,ds + \int_0^s (G - F_f)\,ds\right]} =$$

$$= \sqrt{\frac{1}{m}\left[C_1(f_2^2 - f_1^2) + C_2(S_2^2 - S_1^2) + 2(G - F_f)S\right]} \tag{7}$$

unde:

c_1 și f sînt constanta și, respectiv, săgeata resortului principal;
C_2, S — constanta și, respectiv, cursa resortului F_{c_2}.

Viteza contactelor mobile fiind mare la sfîrșitul cursei (1,92 m/s), este necesară o frînare puternică a acestora încă pe parcursul cursei în contactele fixe. Frînarea s-a făcut atașînd fiecărui contact fix cîte un resort. Dimensionarea acestor resorturi rezultă din condiția ca la sfîrșitul cursei viteza contactului să fie zero. Din această condiție se obține următorul lucru mecanic:

$$L = \frac{1}{2} C\left[f_2''^2 - f_1''^2\right] = \frac{m}{2} V_1^2 + \int F ds, \tag{8}$$

unde:

f_1'', f_2'' sînt săgețile resortului de dimensionat;
c — constanta resortului.

În figura 3 este trasată viteza contactelor în funcție de cursă, calculată cu relația (7).

3.2. Durata de închidere a contactelor este un element important al scurtcircuitorului, avîndu-se în vedere că aceasta să fie cît mai mică pentru ca dispersia să nu depășească 10° electrice. Timpul de închidere a contactelor se determină din legea spațiului:

$$t = \int_0^{s_0} \frac{ds}{v(s)}, \tag{9}$$

unde viteza în funcție de cursă se determină din relația (7) în care:

$$f_2 = f_1 + KS;\ s_2 = S_1 + S, \tag{10}$$

unde K este raportul dintre brațul pîrghiei de antrenare a dispozitivului de acționare și brațul contactului mobil, egal în cazul de față cu 0,512.

După înlocuirea relațiilor (10) în (7) și efectuarea calculelor se obține expresia vitezei în funcție de cursa S:

$$v = \sqrt{\frac{2}{m}\left[\left(\frac{C_2}{2} + \frac{K^2 C_1}{2}\right)S^2 + (C_2 S_1 + Kf_1 C_1 + G - F_f)S\right]}, \tag{11}$$

care introdusă în relația (9) dă:

$$t = \sqrt{\frac{m}{S + K^2 C_1}}\left[\operatorname{arg.ch}\frac{(C_2 + K^2 C_1)S_0 + (C_2 S_1 + K f_1 C_1 + G - F_f)}{C_2 S_1 + K f_1 C_1 + G - F_f} - \operatorname{arg.ch}_1\right], \tag{12}$$

unde $S_0 = 2$ cm reprezintă cursa din momentul deplasării contactelor mobile pînă în momentul atingerii contactului fix.

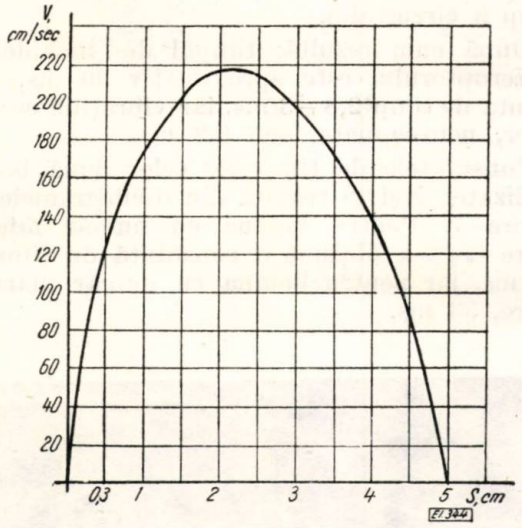


Fig. 3. Diagrama vitezei contactelor în funcție de cursă, $v = f(s)$.

3.3. Considerente privind alegerea electromagnetului.

Pentru obținerea unei dispersii a timpului de închidere cît mai mică, electromagnetul care comandă deszăvorirea dispozitivului de acționare a fost ales de tipul cu piston cu alimentare în curent continuu. Circuitul magnetic este format din tole pentru a reduce curenții turbionari care apar în perioada tranzitorie a conectării electromagnetului. Curenții turbionari se opun stabilirii fluxului magnetic, deci produc o întîrziere. Alimentarea electromagnetului în curent continuu s-a impus datorită dispersiei mari a timpului de acționare care se obține la alimentarea în curent alternativ. Dispersia rezultă ca o consecință a formei curentului (1), care depinde de faza (Ψ) a închiderii eletromagnetului, fază care este întîmplătoare. In funcție de forma curentului, lucrul mecanic de antrenare a părții mobile a eletromagnetului va depinde de unghiul Ψ și, implicit, timpul propriu al electromagnetului.

O problemă căreia i s-a dat mare importanță a fost obținerea unei constante de timp a bobinei cît mai mică și folosirea unui procedeu de accelerare a electromagneților.

Constanta de timp a electromagneților, în funcție de parametrii lui, este dată de expresia (1a) din anexa I:

$$T = \frac{s}{\pi \rho R D_m} W. \qquad (13)$$

La o analiză sumară a relației (13) s-ar părea că variația constantei de timp este proporțională cu numărul de spire. S-a considerat reluctanța circuitului magnetic constantă; se presupune că avem același circuit magnetic.

Dacă se consideră constantele de timp a 2 bobine care folosesc același circuit magnetic, cu aceeași forță portantă și aceeași încălzire, raportul acestor constante de timp este (8 a):

$$\frac{T_x}{T_y} = \sqrt{\frac{b_x D_{ey} D_{my}}{b_y D_{ex} D_{mx}}} \cdot \frac{\varphi_x}{\varphi_y}. \qquad (14)$$

Pentru electromagneți cu lățimi egale și cu diametre medii și exterioare egale se obține (9 a):

$$\frac{T_x}{T_y} = \sqrt{\frac{\varphi_x}{\varphi_y}}, \qquad (15)$$

deci raportul constantelor de timp este proporțional cu radicalul coeficienților de umplere ai bobinelor respective. Acest raport nu poate depăși, practic, valoarea doi, deci constantele de timp se vor găsi în raportul 1 —1,41. Bobina cu număr mic de spire are coeficientul de umplere mare, deci constantă de timp mai mare decît bobina cu număr mare de spire, care are coeficientul de umplere mai mic. Această concluzie ar contrazice, la prima vedere, formula (13). Explicația constă în faptul că secțiunea conductorului, care pare o mărime constantă în relația (13), variază invers proporțional cu numărul de spire.

Din formula (15) se constată deci că numărul de spire al unei bobine nu influențează sensibil asupra constantei de timp. Din această cauză accelerarea electromagnetului s-a făcut prin conectarea în serie cu bobina unei rezistențe constante mari, obținîndu-se o bobină cu număr mic de spire și curent mare. Constanta de timp astfel obținută este dată de relația:

$$T = \frac{L}{r + R} \simeq T_1 \cdot \frac{r}{R}, \qquad (16)$$

unde:

L, r este inductanța, respectiv rezistența bobinei;

R — rezistența în serie cu inductanța.

În formula (16) s-a neglijat $\left(\frac{r}{R}\right)$ față de unu, pentru cazurile cînd $r \ll R$.

O altă metodă folosită pentru accelerarea electromagneților constă în șuntarea rezistenței R cu un condensator.

Pentru calculul forței electromagnetului a fost aplicată o formulă clasică [9], care a fost adaptată (12 a) la forma electromagnetului ales (fig. 4):

$$F = \mu_0 \frac{2gd\,(wI)^2}{x^2 \sin 2\alpha}. \qquad (17)$$

Mărimile din relația (17) au semnificația din figura 4, iar $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$, lungimile exprimîndu-se în mm, iar I, în AS.

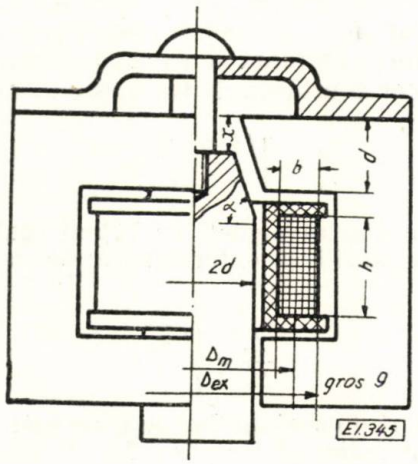


Fig. 4. Schema generală a electromagnetului.

4. Rezultate experimentale și interpretarea lor

Unul din parametrii cei mai importanți care a impus o verificare riguroasă a fost dispersia timpului de anclanșare. Aceasta a fost determinată prin zeci de încercări, obținîndu-se o dispersie maximă de 4° electrice.

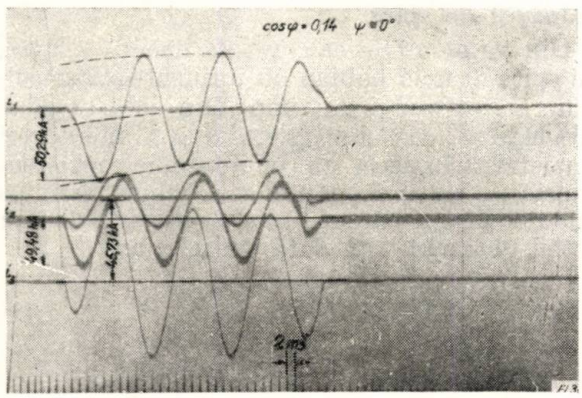


Fig. 5. Oscilograma curenților la un scurtcircuit trifazat.

În figura 5 este arătată oscilograma unui scurtcircuit obținut la încercarea unui separator de înaltă tensiune la stabilitatea electrodinamică. Curentul maxim de scurtcircuit obținut la tensiunea de 550 V este de 50,29 kA.

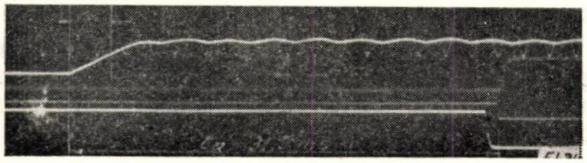
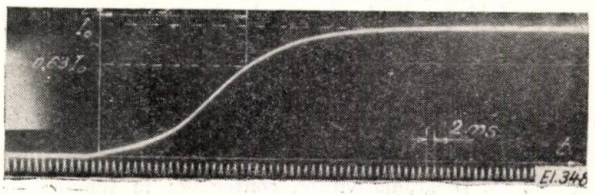


Fig. 6. Fenomenele care apar la comanda scurtcircuitorului.

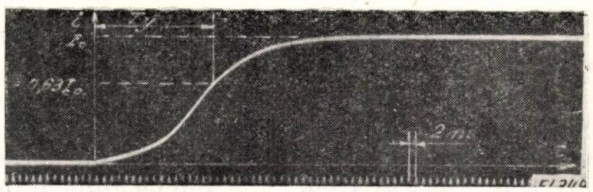
În oscilograma din figura 6 sînt ilustrate fenomenele care apar la conectarea scurtcircuitorului. Se poate deduce timpul de închidere, timpul de vibrație a contactelor și constanta de timp a circuitului.

După cum rezultă, timpul de închidere a întreruptorului este aproximativ 30 ms, constanta de timp 2,8 —3 ms, iar vibrațiile contactelor, neînsemnate, sub 0,2 ms.

Constantele de timp ale celor două bobine realizate (x și y) rezultă din oscilogramele din figura 7. Pentru bobina cu număr mic de spire (x) s-a obținut o constantă de timp de 39 ms, iar pentru bobina cu număr mare de spire, 33 ms.



a)



b)

Fig. 7. Oscilogramele stabilirii curentului în bobinele electromagnetului:
a — bobina cu număr mic de spire, x; b — bobina cu număr mare de spire, y.

Rezultatele obținute în exploatare și parametrii măsurați au confirmat alegerea bună a principiului constructiv al scurtcircuitorului și concordanța dintre mărimile determinate prin calcul și cele obținute experimental.

Dispersia mică a timpului de acționare, sub 4° electrice, față de indicațiile din literatura de specialitate [4], [11] (10° electrice), asigură obținerea scurtcircuitelor la faza dorită a tensiunii și deci posibilitatea de a încerca orice fel de aparat. Ca exemplu se arată că normele [12] indică pentru încercarea siguranțelor fuzibile producerea scurtcircuitelor după 30° electrice de la trecerea tensiunii prin zero.

Timpul de anclanșare a scurtcircuitorului, determinat din oscilogramă (fig. 6) 31,5 ms, este satisfăcător și confirmă exactitatea formulelor aplicate. Din calcul a rezultat un timp de închidere a contactelor de 22 ms. Diferența dintre timpul de anclanșare a scurtcircuitorului și timpul de închidere a contactelor reprezintă timpul propriu al dispozitivului de acționare, inclusiv al electromagnetului de comandă.

Din oscilogramă (fig. 6) rezultă că timpul de vibrație a contactelor este neînsemnat. Pe una din faze se constată o ușoară vibrație care durează circa 0,2 ms, iar pe celelalte faze nu

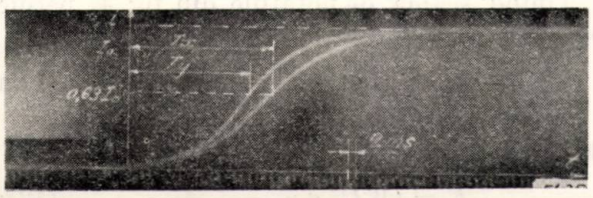


Fig. 8. Oscilogramele stabilirii curentului în bobinele x și y suprapuse.

se constată nici o vibrație, închiderea contactelor făcîndu-se perfect.

Relația (9 a) se verifică experimental din oscilogramele suprapuse din figura 8. Raportul constantelor de timp determinat prin calcul este de 1,06, iar cel experimental, de 1,18. Ipotezele analitice au fost confirmate experimental, rezultînd că dintre două bobine ale aceluiași electromagnet (care efectuează același lucru mecanic și are aceeași încălzire) cu număr mic de spire și număr mare, constanta de tip a bobinei cu număr mic de spire este mai mare. La o analiză sumară, ținînd seama și de relația (1 a), acest lucru pare paradoxal. În anexa 1 s-a demonstrat analitic justețea acestor rezultate experimentale.

Comparînd oscilogramele din figura 7 cu acea din figura 6 se constată că metoda folosită pentru accelerarea electromagnetului, micșorarea constantei de timp, este foarte eficace. Constanta de timp a fost redusă de la 39 ms la 2,8 ms.

5. Concluzii

Realizarea scurtcircuitorului cu performanțele amintite permite ca, în stația de încercare la putere de rupere din I.C.P.E. [3], să se efectueze cele mai exigente încercări, cu precizia dorită.

Dispersia mică a timpului de anclanșare, sub 4° electrice, a permis să se efectueze încercările de scurtcircuit la seriile de siguranțe cu mare putere [13] și a siguranțelor cu filet [14], realizate în I.C.P.E., la orice fază a tensiunii, conform cu indicațiile normelor [12].

Timpul de vibrație a contactelor fiind foarte mic, sub 0,2 ms, permite obținerea curenților de scurtcircuit nedeformați. Vibrația contactelor la închidere provoacă apariția unui arc electric între ele și deci introducerea unei rezistențe suplimentare care modifică curentul din circuit.

Formulele de calcul deduse în lucrare pot fi aplicate și la alte tipuri de aparate de comutație. Pentru calculul forței electromagneților formula poate fi aplicată fără dificultăți. Calculul vitezei contactelor și al timpului de acționare se poate face pe baza formulelor deduse, cu adaptările specifice cinematicii contactelor.

Studiul efectuat asupra variației constantei de timp a unei bobine cu circuit magnetic, în funcție de numărul de spire, are un caracter general. Constanta de timp a unei bobine este proporțională cu radicalul coeficientului de umplere. Bobinele cu număr mic de spire, care au același circuit magnetic pentru inducția magnetică constantă, au constantele de timp mai mari decît bobinele cu număr mare de spire. Numărul de spire influențează asupra tensiunii de alimentare care este proporțională cu acesta.

Construcția scurtcircuitorului a permis ca în stația de încercări la putere de rupere din I.C.P.E. să se efectueze încercările cele mai pretențioase și complexe, cu respectarea condițiilor impuse de norme referitoare la încercările siguranțelor și aparatelor de comutație.

ANEXA 1

1. Calculul constantei de timp

Constanta de timp electrică a unei bobine este definită ca raportul dintre inductanța bobinei și rezistența ei. Dacă se exprimă inductanța și rezistența în funcție de parametrii bobinei și circuitului magnetic, se obține:

$$T = \frac{s}{\pi \rho R Dm} W, \qquad (1\text{ a})$$

unde:

s este secțiunea conductorului, mm²;
W — numărul de spire;
Dm — diametrul mediu, m;
R — reluctanța circuitului magnetic considerată constantă, As/Wb;
ρ — rezistivitatea, Ω mm²/m.

Se va analiza cum variază constanta de timp cu numărul de spire și cu parametrii bobinei. Pentru aceasta trebuie să punem condițiile care rezultă din identitatea electromagneților obținuți cu două bobine cu număr de spire diferit (W_x și W_y):

a) aceeași încălzire a bobinelor (x și y);

b) forța portantă egală ($F_x = F_y$), deci același număr de amperspire.

Din condiția a), considerînd același coeficient de disipație al căldurii și aceeași încălzire, rezultă:

$$\alpha\ \tau = \frac{R_x I_x^2}{S_x} = \frac{R_y I_y^2}{S_y} \rightarrow \frac{s_x D_{mx} W_x}{S_x} j_x^2 = \frac{s_y D_{my} W_y}{S_y} j_y^2 . \qquad (2\text{ a})$$

Condiția b) se exprimă analitic astfel (considerăm forța proporțională cu numărul de amperspire la pătrat):

$$W_x j_x s_x = W_y j_y s_y. \qquad (3\text{ a})$$

Mărimea S reprezintă suprafaţa de disipaţie a căldurii. Dacă se consideră ca suprafaţă de disipaţie a căldurii numai suprafaţa laterală se obţine:

$$S_x = \pi D_{ex} h_x;$$
$$S_y = \pi D_{ey} h_y, \qquad (4\text{ a})$$

iar dacă se consideră suprafaţa de disipaţie a căldurii ca fiind suprafaţa totală a bobinei se obţine:

$$S = \pi (D_m - b) h + \pi (D_m + b) h + 2 \frac{\pi}{4}\left[(D_m + b)^2 - (D_m - b)^2\right] = 2 \pi D_m (b + h). \qquad (4'\text{ a})$$

Suprafeţele transversale ale bobinei sînt date de expresiile:

$$\frac{W_x S_x}{\varphi_x} = b_x h_x; \frac{W_y S_y}{\varphi_y} = b_y h_y, \qquad (5\text{ a})$$

unde φ_x, φ_y sînt coeficienţii de umplere ai bobinei.

Din relaţia (1 a) rezultă raportul constantelor de timp ale celor două bobine (x şi y) cu număr diferit de spire:

$$\frac{T_x}{T_y} = \frac{s_x W_x D_{my}}{s_y W_y D_{mx}}. \qquad (6\text{ a})$$

Efectuînd calculele rezultate din folosirea relaţiilor (2 a), (3 a), (4 a), (4 a') şi (5 a) se obţine raportul constantelor de timp pentru cazul cînd suprafaţa de disipaţie a căldurii este considerată suprafaţa totală:

$$\frac{T_x}{T_y} = \sqrt{\frac{b_x h_x D_{my}^2 (b_y + h_y)}{b_y h_y D_{mx}^2 (b_x + h_x)} \cdot \frac{\varphi_x}{\varphi_y}} \qquad (7\text{ a})$$

şi

$$\frac{T_x}{T_y} = \sqrt{\frac{b_x D_{ey} D_{my}}{b_y D_{ex} D_{mx}} \cdot \frac{\varphi_x}{\varphi_y}} \qquad (8\text{ a})$$

pentru cazul cînd suprafaţa de disipaţie a căldurii este cea laterală.

Dacă lăţimile bobinelor sînt egale (rezultînd şi diametrele medii şi exterioare egale) se obţine din relaţia (8 a) următorul raport pentru constantele de timp.:

$$\frac{T_x}{T_y} = \sqrt{\frac{\varphi_x}{\varphi_y}}. \qquad (9\text{ a})$$

ANEXA 2

2. *Calculul forţei electromagnetului*

Forţa unui electromagnet este dată de relaţia [9]:

$$F = \frac{(WI)^2}{2} \frac{d\lambda_\delta}{d\delta}, \qquad (10\text{ a})$$

Unde:

WJ este t.m.m.a întrefierului, As;
λ_δ — permeanţa întrefierului, Wb/As;
δ — întrefierul, cm.

Ţinînd seama de notaţiile din fig. 4, permeanţa întrefierului se poate scrie:

$$\lambda_\delta = 2\mu_0 g\left[\frac{2d}{x \sin 2\alpha} - \operatorname{tg} \alpha\right], \qquad (11\text{ a})$$

iar forţa rezultă din relaţia (10 a):

$$F = (WI)^2 g \mu_0 \frac{2d}{x^2 \sin 2\alpha}. \qquad (12\text{ a})$$

ANEXA 3

Calculul parametrilor principali

Calculul elementelor întreruptorului se face aplicînd formulele deduse în capitolul 2.

Secţiunea minimă a conductorului, pentru satisfacerea condiţiilor de stabilitate termică, se determină cu relaţia (3) şi este de 5,46 cm³, iar din relaţia (4) se determină secţiunea minimă pentru satisfacerea condiţiilor impuse de stabilitatea electrodinamică, rezultînd un diametru de 3 cm.

S-a ales diametrul de 3 cm, care satisface atît condiţiile impuse de stabilitatea termică, cît şi cele impuse de stabilitatea electrodinamică. Datorită eforturilor electrodinamice care apar după stabilirea contactului, contactul mobil este solicitat şi deplasat de pe axa lui. Săgeata cu care se deplasează acest contact, considerîndu-l ca o grindă încastrată, este dată de relaţia:

$$f = \frac{p l^2}{8 E I_z}, \qquad (13\text{ a})$$

unde:

p este forţa specifică, kgf/cm;
l — lungimea de încastrare a contactului, cm;
E — modulul de elasticitate;
I_z — momentul de inerţie.

Introducînd mărimile rezultate din construcţie în formula (13 a) se obţine săgeata de 0,29 mm. Săgeata fiind mică se asigură prin aceasta o bună funcţionare a întreruptorului. Dacă săgeata ar depăşi sau ar fi ca ordin de mărime egală cu cursa contactelor în tulipa contactului fix, contactul electric nu s-ar face decît pe elementele de tulipă comprimate (fig. 2).

Viteza contactului se determină din relaţia (7) în care parametrii folosiţi au următoarele valori: $G = 1,85$ kgf; $m = 1,88 \cdot 10^{-3}$ kgf s^2/cm^2; $C_1 = 8,16$ kgf/cm; $f_2 = 4$ cm; $f_1 = 2,97$ cm; $C_2 = 8,25$ kgf/cm; $S_2 = 2,7$ cm; $S_1 = 0,7$ cm; $F = 7,8$ kgf; $S = 2$ cm, şi rezultă egală cu 2,2 m/s.

Viteza contactului la sfîrşitul cursei este dată de relaţia:

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 + \frac{1}{m}\left[C_1 (f_2'^2 - f_1'^2) + C_1 S'^2 + 2(G - Ff) S''\right]}, \qquad (14\,a)$$

în care introducînd valorile parametrilor $f_2 = 2{,}9$ cm; $f_1 = 1{,}4$ cm; $S' = 0{,}7$ cm; $S'' = 3$ cm; $v_2 = 2{,}2$ m/s, se obţine viteza de 1,92 m/s.

După cum s-a arătat, pentru ca viteza la sfîrşitul cursei să fie egală cu zero, este necesar un resort de amortizare montat pe contactul fix şi care să producă lucrul mecanic de frînare dat de relaţia (8). După efectuarea calculelor se obţine un lucru mecanic egal cu 35 kgfcm. Alegînd pentru resortul de amortizare săgeţile $f_1'' = 2{,}2$ cm şi $f''_2 = 4{,}5$ cm, constanta lui rezultă din relaţia (8) şi este egală cu 4,5 kgfcm. Cu această constantă şi cu mărimile de mai sus, resortul poate fi dimensionat.

Timpul de închidere al contactelor este dat de expresia (12), obţinîndu-se din calcule 0,022 s.

Din relaţia (17) s-a determinat numărul de amperspire care produce o forţă de 2 kgf necesară deszăvoririi dispozitivului de acţionare. Dimensiunile de calcul au fost alese astfel: $x = 6$ mm; $g = 15$ mm; $\alpha = 78°40$ min. Din relaţia (17) şi din aceste mărimi rezultă numărul de amperspire, 760 As. Cu această valoare a amperspirelor au fost determinate inducţia în circuitul magnetic şi numărul de amperspire necesar magnetizării fierului, rezultînd numărul de amperspire total de 970 As.

Pentru verificarea formulelor (8 a) şi (9 a) şi a concluziilor care rezultă, s-au calculat 2 bobine cu următoarele caracteristici: bobina x: $W = 324$ spire; $S = 146$ cm^2; $\varphi = 0{,}637$; $\tau = 49{,}5°$C; $b = 2{,}1$ cm; $h = 2{,}5$ cm; $D_m = 5$ cm; $j = 2{,}8$ A/mm^2; $r = 0{,}86$ ohmi şi bobina y: $W = 18\,500$ spire; $h = 2{,}7$ cm; $b = 2{,}1$ cm; $S = 151$ cm^2; $\tau = 50°$C; $\varphi = 0{,}55$; $D_m = 5$ cm; $j = 3{,}4$ A/mm^2; $r = 66{,}6$ ohmi. Bobinele (x) şi (y) au acelaşi diametru mediu şi aceeaşi lăţime. Formula (7 a) dă raportul constantelor de timp pentru $b_x = b_y$ şi $D_{mx} = D_{my}$ egal cu 1,05.

$$T_x = 1{,}05\ T_y. \qquad (15\,a)$$

Aplicînd formula (8 a) sau în cazul lăţimilor şi diametrelor medii egale formula (9 a) rezultă:

$$T_x = 1{,}06\ T_y. \qquad (16\,a)$$

Calculînd inductanţa bobinei cu număr mic de spire (x) în funcţie de întrefier obţinem: $L = 33 \cdot 10^{-3}$ H la $x = 6$ mm şi $L = 17{,}5 \cdot 10^{-3}$ H la $x = 3$ mm.

Constantele de timp pentru electromagnetul deschis ($x = 6$ mm) este de 38,4 ms.

Trebuie să remarcăm că T este constant numai în măsura în care admitem o inductanţă constantă independentă de întrefier. În acest caz curentul s-ar stabili după o exponenţială; în caz contrar curentul nu se stabileşte după o exponenţială. Constanta de timp T fiind funcţie de întrefier şi forma curentului va depinde de întrefier. Constantele de timp pentru astfel de fenomene, fenomene care nu se stabilesc după curbe exponenţiale, se determină integrînd aria cuprinsă între curbă şi ordonata asimptotă la curbă [10]. În lucrare s-a considerat T independent de cursă, deci o mărime constantă.

Folosind metoda de accelerare a electromagnetului analizată (16), se obţine o constantă de timp pentru conectarea în serie cu bobina unei rezistenţe $R = 110$ ohmi, egală cu 3 ms.

Bibliografie

1. *Hortopan, Gh.* Încercarea la puterea de rupere a întreruptoarelor de înaltă tensiune. In: Electrotehnica **5**, nr. 11, 1957, p. 365-371.
2. *Hortopan, Gh.* Comutator program pentru încercarea aparatajului de comutaţie. În: Electrotehnica **7**, nr. 4, 1959, p. 135 — 139.
3. *Pesici, M.* şi *Barbu I.* Staţia de încercări de joasă tensiune a Inst. de cercetări electrotehnice. In: Electrotehnica **9**, (1961), p. 386 — 395.
4. *Knothe, S.* şi *Myslicki, A.* Staţii experimentale de încercări la scurtcircuit de înaltă tensiune, laboratoare de bază pentru aparatele de distribuţie. In: Przglad Elektrotechniczny, nr. 11 — 12, 1953, p. 494 — 503.
5. *Babicov, A. M.* Aparate electrice. Partea I. Bazele teoriei. Bucureşti, Editura energetică de stat, 1953.
6. *Avramescu, A.* Încălzirea adiabatică a conductorilor din cupru, aluminiu şi argint. In: Studii şi cercetări de energetică, tomul **V**, nr. 3 — 4, 1955.
7. *Avramescu, A.* Beitrage zur Erwarmungsberechnung elektrischer Leiter-Habilitation an der Sächsischen Hochschule zu. Dresden.
8. *Avramescu, A.* Contribuţii la calculul exact al încălzirii la scurtcircuit. Comunicările Academiei R. P. R., tomul **VII**, nr. 2.
9. *Builov, A. I.* Principiile de construcţie ale aparatelor electrice. Bucureşti, Editura energetică de stat, 1954.
10. *Avramescu, A.* Constanta de timp a fenomenelor tranzitorii. Buletin ştiinţific, Secţia de ştiinţe tehnice şi chimice, tomul **IV**, nr. 3 — 4, 1952, Acad. R. P. R.
11. *Hortopan, Gh.* şi *Marinescu, I.* O staţie de încercări directe în reţeaua de înaltă tensiune. In: Electrotehnica **9**, nr. 10, 1961, p. 346 — 350.
12. Recommandations de specifications pour les courte-circuits à fusibles pour usages domestiques et analogues. CEI 23, (BC) 29, 1960.
13. *Pesici, M.* Seria unitară de siguranţe rapide de mare putere 100 — 630 A, 500 V, 50 Hz, lucrări prezentate la a III-a sesiune tehnico-ştiinţifică I.C.E.T. vol. **I**. Bucureşti, I.D.T. 1962.
14. *Barbu, I.* Construcţia şi tehnologia seriei unitare de patroane fuzibile rapide cu filet de joasă tensiune de 6 — 100 A. In: Electrotehnica **10**, nr. 7, 1962, p. 256 — 265.

Intrat în redacţie la 2.IV.1964

RECENZII

CZ 621.315.6

K. V. Breitveit, I. V. Koritzkii, R. V. Kulakova şi S. L. Sokolova. **Producerea, caracteristicile şi domeniile de folosire a hîrtiilor şi cartoanelor electroizolante** (Proizvodstvo, svoistna i primenenie elektroizolaţionnih telulioznih bumag i kartonov). Moscova, Gosenergoizdat, 1963, 320 pag., 146 fig., 82 tab., 133 ref. bibl.

Cu toate că hîrtiile şi cartoanele electroizolante sînt printre primele materiale folosite în construcţia echipamentului electric, totuşi astăzi se mai bucură de poziţii importante în industria electrotehnică. Acest lucru se explică prin caracteristicile tehnologice ridicate şi prin preţul de cost redus, la fel ca şi prin stabilitatea lor mecanică. Hîrtiile electroizolante, în special impregnate, au caracteristici dielectrice foarte ridicate, care sînt superioare multor materiale noi sintetice. Astfel, de exemplu, hîrtia de condensator cu grosimi între 7 şi 25 μ şi densitatea 0,9—1,2 g/cm^3, impregnată în ulei mineral, perfect deshidratat şi degazat, are rigiditatea dielectrică între 150 şi 200 kV/mm şi tg δ între 2.10^{-3} şi 4.10^{-3}. Pe lîngă aceste calităţi, hîrtiile şi cartoanele au o serie de defecte, şi anume: higroscopicitate ridicată, stabilitate termică scăzută, conductibilitate termică redusă, care îi limitează domeniile de folosire.

Lucrarea este redactată de un grup de specialişti din U.R.S.S., printre care K. V. Breitveit, specialist de seamă în domeniul fabricaţiei hîrtiilor electroizolante, şi I.V. Koritzkii, R. V. Kulakova şi S. L. Sokolova, cercetători în domeniul tehnicii izolaţiei.

Dat fiind specificul revistei „Electrotehnica", se vor examina mai atent capitolele privind caracteristicile electrofizice ale hîrtiilor, în general, prezentarea tipurilor speciale de hîrtii şi cartoane electroizolante şi, în sfîrşit, schemele de izolaţii care folosesc astfel de materiale electroizolante.

Primul capitol tratează problema materiilor prime şi a semifabricatelor folosite în fabricaţia hîrtiilor şi cartoanelor. Aici este vorba, în primul rînd, de problema celulozei ca semifabricat de bază; la fel, de pasta din cîrpe de bumbac şi de materialele folosite la încleierea şi finisarea hîrtiilor şi cartoanelor.

Cel de-al doilea capitol se referă la fabricarea propriu-zisă a hîrtiei, tratînd problemele pregătirii pastei de hîrtie, proceselor de umezire şi de uscare a hîrtiei, finisării hîrtiei şi în sfîrşit prezentării tipurilor speciale de maşini folosite în acest domeniu.

Fabricarea cartoanelor este tratată în cel de-al treilea capitol, iar unele particularităţi ale tehnologiei fabricaţiei sînt prezentate în capitolul al patrulea.

Capitolul al cincilea se ocupă cu metodele de încercare. Este vorba de măsurarea caracteristicilor mecanice ale hîrtiilor şi cartoanelor.

Studiul electrofizic al acestor materiale electroizolante este tratat larg în capitolul al şaselea. Problemele mai importante sînt: influenţa diferiţilor factori asupra caracteristicilor electrice, îmbătrînirea cartoanelor în uleiul de transformator. Considerăm ca avînd caracter de originalitate studiul comparativ al îmbătrînirii termice a cartoanelor în aer şi în ulei. Pe baza studiilor efectuate se prezintă unele relaţii cu privire la stabilirea duratei de viaţă a hîrtiilor şi cartoanelor în funcţie de temperatura de regim.

Hîrtiile electroizolante şi cartoanele — după întrebuinţările lor în industria electrotehnică — sînt studiate în capitolul al şaptelea. Aceste materiale sînt: hîrtia de cablu, hîrtia şi cartonul folosite în construcţia de transformatoare, cartonul destinat a lucra în mediu gazos, hîrtia de condensator, hîrtia folosită în fabricaţia de stratificate şi, în sfîrşit, hîrtia pentru banda de mică (micabandă). Toate aceste hîrtii şi cartoane sînt studiate atît din punct de vedere mecanic, cît şi electrofizic şi, la fel, din punctul de vedere al domeniului de folosire.

Hîrtia de condensator se realizează în U.R.S.S. în două sorturi, şi anume, cu densitatea de 1 g/cm^3 şi cu densitatea de 1,16 — 1,25 g/cm^3. Grosimile corespunzătoare primului sort sînt în gama de la 7 la 30 μ, iar cele corespunzătoare celui de-al doilea sort, în gama de la 5 la 30 μ. Hîrtia de condensator cu grosimi atît de mici se obţine din celuloză sulfatică. Se prezintă diferite sorturi din astfel de hîrtii, analizîndu-se mai ales caracteristicile dielectrice în funcţie de temperatură (tg $\delta = f(\theta)$. Unul dintre criteriile de apreciere a acestor hîrtii este numărul de particule conductoare pe unitatea de suprafaţă.

Ultimul capitol se ocupă de procesele tehnologice necesare obţinerii de scheme de izolaţii în care intră hîrtiile şi cartoanele. Este vorba de schemele de izolaţii ale transformatoarelor, cablurilor şi stratificatelor.

Lucrarea prezintă un interes deosebit pentru constructorii şi tehnologii din industria noastră electrotehnică, unde hîrtiile şi cartoanele electroizolante mai au o largă întrebuinţare. Cartea este scrisă la un nivel mediu şi este clar prezentată. Are un bogat material ilustrativ, mai ales tabele şi diagrame.

Considerăm că această carte ar fi de un real folos şi pentru cercetătorii din industria hîrtiei, care au sarcina de a realiza hîrtii şi cartoane electroizolante de calitate superioară.

A. Bercu

CZ 621.315.616 :621.312

A. K. Vardenborg. **Materialele plastice folosite în industria electrotehnică** (Plasticeskie massi v elektrotehniceskoi promîşlennosti). Moscova, Gosenergoizdat, 1963, 117 fig., 44 tab., 274 ref. bibl.

Problema izolaţiei în construcţia echipamentului electric are un rol foarte important. Indicii tehnico-economici depind, în primul rînd, de caracteristicile materialelor izolante folosite. În ultima vreme, materialele plastice sînt folosite în mare măsură în industria electrotehnică. Prin materiale plastice se înţeleg materialele care, într-un anumit stadiu al producerii lor, au calităţi plastice şi deci pot fi formate într-un produs cu o anumită formă. Materialele plastice pot avea ca bază atît materiale organice, cît şi materiale anorganice. Lucrarea studiază numai cele de provenienţă organică şi face parte din seria „Polimerii în tehnica izolaţiei electrice". Astfel, se prezintă caracteristicile materialelor plastice, comportarea lor în exploatare, la fel ca şi tehnologia prelucrării lor. Se dă o deosebită importanţă folosirii materialelor plastice în construcţiile electrotehnice. În carte se foloseşte experienţa din U.R.S.S. şi din alte ţări, corespunzătoare unei bibliografii de 274 publicaţii.

Problemele generale sînt prezentate în primul capitol, şi anume: caracteristicile principale fizico-mecanice şi clasificarea materialelor plastice; la fel şi expunerea schematică a metodelor de obţinere a produselor din materiale plastice.

Cel de-al doilea capitol se referă la problemele construcţiei produselor presate din materiale plastice. Aici este vorba de conicitatea, grosimea pereţilor, razele de curbură şi calculul consumului de materiale plastice.

În unele produse din materiale plastice se încastrează diferite piese din alte materiale. Aceste materiale sînt, de obicei, metalice, dar pot fi şi cauciuc, ceramică, sticlă. De aceste tipuri constructive se ocupă cel de-al treilea capitol. Aici se vorbeşte şi de colectoarele maşinilor electrice de mică şi de mare putere, care au izolaţii din materiale plastice.

Capitolul al patrulea are un pronunţat caracter tehnologic, ocupîndu-se de presformele folosite la prelucrarea materialelor plastice. Se prezintă atît construcţia, cît şi tehnologia acestor utilaje. Acest capitol este unul dintre cele mai bine ilustrate din lucrare. Foarte detaliată este prezentată execuţia presformelor. La fel şi încălzirea lor, dîndu-se exemple de calcul cu nomogramele pentru determinarea puterii electrice necesare. Ţinînd seamă că, în ultima vreme, tehnica vidului este des folosită în această tehnologie, autorul se ocupă, pe larg, şi de această problemă.

Caracter tehnologic are şi cel de-al cincilea capitol, ocupîndu-se de presarea materialelor plastice. Este interesant că prima problemă de care se ocupă autorul este păstrarea, respectiv depozitarea materialelor plastice. Aceasta este o problemă foarte importantă, întrucît din practica fabricilor electrotehnice s-a văzut că un procentaj important de rebuturi se datoreşte depozitării materialelor plastice. Procesul de presare la cald este discutat la tehnologia materialelor plastice termoreactive. Pentru intensificarea procesului de presare se recomandă următoarele procedee: încălzirea preliminară a materialelor plastice, la fel, presarea preliminară şi, în sfîrşit, menţinerea materialului sub presiune. În continuare se face analiza cauzelor rebuturilor la produsele presate.

Un procedeu nou tehnologic care a dat rezultate deosebite este turnarea în răşini sintetice a unor produse electrotehnice. Răşinile folosite sînt cele epoxidice, poliesterice şi metacrilice. Transformatoarele de curent au fost realizate cu această metodă tehnologică pentru tensiunile pînă la 60 kV; la fel şi transformatoarele, de tensiune, unde bobinajele au fost în prealabil impregnate tot în răşini sintetice, însă mult mai fluide şi cu caracteristici dielectrice ridicate. În ultima vreme se folosesc răşinile epoxidice şi în construcţia maşinilor electrice de mică şi mare putere. Astfel, micromotoarele sînt impregnate cu răşini epoxidice prin metoda picurării, obţinîndu-se bobinaje statorice termorigide cu caracteristici dielectrice superioare şi cu rezistenţă excepţională la acţiunea agenţilor atmosferici. Considerăm că la acest capitol (al şaselea) ar fi trebuit să se prezinte şi sistemele de izolaţie moderne cu materiale de impregnare pe bază de răşini epoxidice şi poliesterice folosite la maşinile electrice de mare putere.

Pentru a încheia capitolele cu caracter tehnologic se prezintă, în capitolul al şaptelea, prelucrarea materialelor plastice. În primul rînd este vorba de prelucrarea mecanică la diferite tipuri de maşini-unelte. Apoi, de procesele de lipire a materialelor plastice, prezentîndu-se aici cleiuri speciale de lipire. Ca alte metode tehnologice citäm: sudura, metalizarea şi pulverizarea materialelor plastice.

Despre încercările materialelor plastice se tratează în capitolul al optulea, în primul rînd încercările mecanice şi fizico-chimice şi apoi încercările electrice, respectiv cele dielectrice.

În capitolul al nouălea sînt prezentate calităţile materialelor plastice termoreactive, şi anume: fenolformaldehidice, epoxidice, poliesterice şi siliconice. Aici este vorba de produsele propriu-zise care se găsesc în stare finită.

În capitolul al zecelea se tratează, ca şi în capitolul precedent, despre materialele plastice termoplastice, şi anume: polistirol, polietilen, poliizobutilen, polipropilen, policarbonat, polivinilacetat etc. După cum se vede, volumul acestui capitol este mai mare, explicabil prin însăşi varietatea mai largă a produselor termoplastice.

Lucrarea prin bogatul material prezentat (tabele, diagrame şi ilustrări ale proceselor tehnologice) reuşeşte să treacă în revistă progresele obţinute în folosirea materialelor plastice în industria electrotehnică.

Ţinînd seamă de specificul acestei lucrări, credem că problemei încercărilor materialelor plastice şi, în special, a încercărilor electrice trebuia să i se acorde mai mult spaţiu. Apoi, cum s-a arătat, domeniului maşinilor electrice i s-a dat prea puţină importanţă faţă de extinderea pe care a luat-o folosirea în acest domeniu a materialelor plastice şi a răşinilor sintetice.

Este de menţionat că lucrarea are un pronunţat caracter tehnologic, fiind de un real folos pentru inginerii şi tehnicienii din fabricile de echipament electric.

A. Bercu

REFERATE

CZ 621.313 *Maşini electrice*

CZ 621.313.113 :316.923 :621.316.825

Yoklitschke, G. **Protecţia termică a bobinajului la motoare** (Thermischer Wicklungsschutz für Motoren). In: Elektrie, nr. 9, 1963, p. 279–280, 2 scheme.

Din punctul de vedere al modului exploatării electromotoarelor, autorul distinge două categorii:

a) motoare cu sarcină constantă în mod permanent;
b) motoare cu sarcină variabilă şi întreruptă des sau cu timpi lungi de pornire.

Pentru motoarele cu sarcină constantă este suficient releul bimetal ca protecţie termică. La motoarele din categoria *b* s-a recurs la un semiconductor care, scăzîndu-şi rezistenţa la încălzire, provoacă intervenţia unui sistem de relee din circuitul de măsurare. Acest sistem de protecţie reacţionează la temperatura limită a categoriei de motoare corespunzătoare şi complet independent de starea de exploatare a motorului.

În prima figură se arată dispoziţia acestui mod de protecţie, al cărui element de comandă se intercalează, de preferinţă, în circuitul de acţionare. Există şi posibilitatea ca starea de exploatare să fie indicată de semnale optice sau acustice. Într-o altă variantă, motorul supraîncălzit acţionează doar un semnal optic (fără să se desprindă de la reţea), atrăgînd astfel atenţia să i se reducă sarcina.

În figura 2 se prezintă protecţia termică la motoarele cu poli comutabili (macarale) etc. După ce motorul s-a încălzit, lucrînd la una din turaţiile mari (deci implicit cu o frecvenţă ridicată de anclanşări), el este comutat la o turaţie mai scăzută, reducîndu-se astfel în mod automat şi numărul de anclanşări la reţea. După ce temperatura a scăzut la mărimea admisă, motorului i se urcă din nou viteza, deci şi ritmul de lucru.

Ca exemple de aplicare a protecţiilor menţionate sînt date centrifugele şi motoarele în execuţie protejată contra exploziilor.

GH.C.

CZ 621.313.322 :325.016.25

Doroghinin, V. I. **Folosirea generatoarelor electrice în regim de compensatoare sincrone** (K voprosu izpolzovaniia gheneratorov v regime sinhronnîh kompensatorov). In: Electr. staţii **34** nr. 7, 1963, p. 43-46, 2 fig.

Se indică posibilităţile utilizării generatoarelor electrice ca surse producătoare de energie reactivă şi se arată că problema acoperirii în condiţii avantajoase a necesarului de putere, respectiv energia reactivă, în general, şi în cadrul centralelor hidroelectrice, în special, poate fi rezolvată, fie prin încărcarea generatoarelor cu puterea reactivă cerută de consumator, fie adăugînd la generatoarele care debitează energie activă o serie de generatoare sincrone, mergînd în regim de compensator. Se expun bazele teoretice care justifică folosirea metodei discutate şi propuse şi se dau o serie de curbe determinante de autor, care reprezintă regimurile de lucru ale generatoarelor. Se dau schema de calcul şi procedeul grafic, arătîndu-se condiţiile de aplicabilitate şi eficacitatea celor studiate. Totodată se scoate în evidenţă faptul că funcţionarea raţională şi justificabilă din punct de vedere tehnico-economic a generatoarelor electrice care lucrează în regim de compensator se face prin compararea cu unele generatoare de energie activă care lucrează cu factor de putere redus, şi nu prin comparaţii tehnico-economice referitoare la un compensator static suplimentar. Compararea generatoarelor electrice cu factor de putere redus cu

compensatoarele (statice şi rotative) de energie reactivă scoate în evidenţă avantajele folosirii compensatoarelor rotative ca generatoare şi consumatoare de energie reactivă, faţă de compensatoarele statice (condensatoare) care, pe lîngă inconvenientele ce le prezintă la conectare şi deconectare, sînt numai generatoare de energie reactivă.

A.C.

CZ 621.313.333.042.3 :621.3.043.1/3

Angst, G. **Factori de saturaţie pentru reactanţa de scăpări a motoarelor de inducţie cu rotor cu crestături înclinate** (Saturation factors for leakaga reactance of induction motors with Skwed rotors). In : IEEE Transactions, nr. 68, oct 1963, p. 716—725.

Reactanţa de scăpări a unui motor de inducţie este mai mică la pornire şi la frînare decît la sarcină plină. Cauza principală este saturaţia circuitului magnetic al fluxului de scăpări, care creşte o dată cu curentul. În articol se dezvoltă ecuaţii pentru factorii de saturaţie ai reactanţei de scăpări a crestăturilor, dublu înlănţuită şi corespunzînd înclinării crestăturilor rotorice. Reactanţa de scăpări a capetelor de bobine şi a inelelor de scurtcircuitare face subiectul altei lucrări.

În anexele I şi II sînt derivate expresii pentru factorii de saturaţie cu care trebuie înmulţite anumite porţiuni ale permeanţelor de scăpări pentru a ţine seamă de efectul saturaţiei. Analiza prezentată arată că se pot combina, în vederea calculului influenţei saturaţiei, fluxul de scăpări prin crestături cu cel dublu înlănţuit şi cu cel datorit înclinării crestăturilor rotorului. Expresiile factorilor de saturaţie nu sînt prea complexe şi par să reprezinte în mod destul de just condiţiile fizice din motor. Este de remarcat că în această lucrare fluxul de scăpări, datorit înclinării crestăturilor rotorice faţă de cele statorice, a fost tratat aparte.

H.A.

CZ 621.313.29.011.1

Rancoita, G. M., **Teoria funcţionării autodinei.** În : Elettrotecnica, vol **51**, nr. 2, feb. 1964, p. 64—79, 11 fig., 11 ref. bibl.

Se discută teoria funcţionării noii maşini electrice de tip autodină construită în U.R.S.S. şi R.P.U. şi care este rezultatul, în special al lucrărilor prof. O. Benedikt. După cum se ştie, autodina are rotorul cu bobinaj similar celui al unei maşini comutatrice de tip clasic, adică legat pe partea de curent continuu la un colector, iar pe partea de curent alternativ, la trei inele colectoare. Rotorul este învîrtit cu viteză sincronă. Statorul nu necesită excitaţie şi deci poate fi constituit dintr-un inel feromagnetic care formează circuitul magnetic. Înfăşurările care se dispun pe stator au drept scop reglajul tensiunii şi compensarea cuplului de frecare; poate fi prevăzută şi o înfăşurare de excitaţie statorică, care nu furnizează nici un cuplu, deci nu contravine principiului autodinei amintit mai sus; această înfăşurare are rol de a compensa faza curenţilor care alimentează rotorul maşinii. Articolul are drept scop să deducă ecuaţii generale pentru maşini de tip autodină. Se prezintă problemele legate de funcţionare de regim şi diagramele vectoriale ale autodinei, diferitele modalităţi de dispunere a înfăşurărilor statorice şi rolul acestor înfăşurări, funcţionarea tranzitorie a autodinei şi funcţia ei de transfer, problemele legate de pornirea autodinei şi diferite probleme constructive.

A.R.

CZ 621.313 : 621.317.333.8

Karady, G. şi Rozsa, E. **Incercarea izolaţiei motoarelor de inducţie cu tensiune de şoc** (Die Prüfung der Isolierung von Inductionsmotoren mit Stosspannung). In : Elektrie, nr. 11, 1963, p. 382.

S-a constatat că pentru controlul izolaţiei spirelor la o maşină rotativă este util a se aplica tensiunea de şoc. Procedeul constă în aplicarea unor şocuri (50 s) concomitent la maşina de încercat şi la o a doua maşină de comparaţie şi în oscilografierea variaţiilor de tensiune la ambele maşini. Orice defecienţe (legătură la pămînt, spire în scurtcircuit etc.) apare ca diferenţe în oscilograme.

Sînt arătate apoi rezultatele obţinute cu un generator pentru tensiuni de impuls, construit la Politehnica din Budapesta; sensibilitatea dispozitivului, influenţa formei undelor asupra solicitării izolaţiei (exemple în trei diagrame), influenţa solicitării repetate asupra izolaţiei maşinii (cazul izolaţiei cu lac, unde la 50 Hz solicitarea este mai mare decît la tensiunea de şoc), stabilirea valorii şi duratei tensiunii de încercare (de exemplu pentru motoare de 380 V se recomandă ca tensiunea de încercare să fie 2500 — 4000 V, cu o durată a şocului de 1 min).

În încheiere sînt descrise unele încercări în exploatare cu metoda arătată. Astfel, de exemplu, într-o întreprindere din R. P. Ungară, la 100 motoare s-a constatat, cu ajutorul tensiunii de şoc (3,5 kV) repetate, că 6 — 8 % din maşini erau defectate, ceeea ce s-a verificat apoi prin examinarea mai amănunţită. Se adaugă că punctul de pătrundere al tensiunii de şoc este neînsemnat şi poate fi uşor refăcut.

Gh. C.

CZ 621.314.2 *Transformatoare*

CZ 621.314.2.018.43.004.13 :621.319.4

Szeles, L. **Influenţa sarcinilor capacitive asupra funcţionării transformatoarelor** (Kapacitiv terhelés hatása a transzformátork üzemére). In : Villamossag **11**, nr. 4, 1963, p. 112—118, 9 fig. 5 ref. bibl.

După ce se formulează problema, arătîndu-se importanţa ei din punct de vedere practic, se insistă asupra bazelor teoretice analitice şi grafice ale modului în care sarcinile capacitive influenţează funcţionarea transformatoarelor. În acest sens — pe baza relaţiilor teoretice de funcţionare a transformatoarelor—se trasează diagramele de variaţie a curenţilor şi tensiunilor cu luarea şi neglijarea sarcinii capacitive. Astfel, se scot în evidenţă mărimile căderilor de tensiune în cele două cazuri, subliniindu-se aportul curenţilor capacitivi în încărcarea transformatoarelor. Se dau diagrame care se referă la trei cazuri de decalaj ale curenţilor faţă de tensiune, în situaţia luării în consideraţie a sarcinii capacitive şi în lipsa ei. După indicarea modului de calcul al puterii reactive intervenite în cazul considerat, se arată, pe o diagramă special construită, varianta tensiunii de alimentare a instalaţiilor, în valori absolute, cuprinse între 376 şi 420 V şi în valori relative, cuprinse între 1 şi 6% pentru un factor de putere capacitiv şi inductiv.

Se mai dau o serie de indicaţii privind aplicarea constatărilor pentru o gamă mai largă a tensiunilor cuprinse între 10 şi 35 kV pentru puteri de $5—510^3$ kVA. Un exemplu numeric arată modul de aplicare a relaţiilor de calcul, iar concluziile subliniază importanţa problemei, în special pentru cazul consumatorilor care preiau puterea reactivă din sistemul de alimentare.

A.C.

CZ 621.314.2.001.14 + 003.1

Putmann, H. T. **Aspectele economice şi proiectarea transformatoarelor de putere** (Economics and Power Transformer Design). In : Pow. App. and Syst. **69**, dec. 1963, p. 1018 — 1023, 2 fig.

Proiectarea tansformatorului optim înseamnă găsirea transformatorului cu costuri anuale minime. Pentru aceasta este necesară stabilirea relaţiei dintre dimensiunile transformatorului, costurile materialelor de fabricaţie şi costurile de exploatare. Transformatorul optim este cel care rezultă pentru dimensiunile găsite din egalarea cu zero a derivatei întîia a relaţiei costurilor. Analizînd această relaţie se poate observa că : *a.* Pentru o putere ce urmează a fi livrată se poate stabili mărimea transformatorului, care să provoace costuri anuale minime. *b.* Orice schimbare care tinde să crească costul specific de volum va fi contrabalansată de o reducere a dimensiunilor transformatorului. Orice schimbare care tinde să crească pierderile în înfăşurări este contrabalansată de o creştere a volumului transformatorului. *c.* Pierderile în înfăşurări şi miez

se află într-un raport constant, independent de puterea transformatorului. *d.* Mărimea densității de curent în înfășurări este independentă de mărimea transformatorului. *e.* Proporțiile optime ale unui transformator sînt independente de sarcină. *f.* Inducția optimă pentru majoritatea tipurilor de transformatoare se află între 1,6 și 1,75 W/m².

C.T.

CZ 621.314.2.004.6 : 621.316.262

Rood, R. E. **O metodă pentru estimarea duratei termice de viață a transformatoarelor de distribuție** (A Method for Estimating the Thermal Life Expectancy of Distribution Transformers). In: Pow. App. & Syst. **69**, dec 1963, p. 1015 — 1018, 5 fig., 4 tab., 4 ref, bibl.

Durata de viață termică a izolației unui transformator poate fi determinată din analiza ciclului de sarcină. Necesitatea studiului aprofundat al problemei provine din faptul că unele întreprinderi de exploatare au trecut la supraîncărcarea transformatoarelor, în scopul recuperării investițiilor într-un timp mai scurt. Tendința supraîncărcării este motivată de constatarea că durata de viață a transformatoarelor s-a dovedit mai lungă decît se consideră, practic, necesar. Rațional, este necesară echilibrarea recuperării investițiilor cu menținerea unei durate de viață convenabile și a unui randament satisfăcător.

Prețurile de cost anuale și randamentul, funcție de sarcină, pot fi determinate ușor. Dificilă este aprecierea duratei de viață pentru diverse cicluri de sarcină, lucrările apărute pînă în prezent nepermițînd o tratare completă a problemei.

Autorul expune o metodă de apreciere a duratei de viață a izolației transformatoarelor de distribuție, plecînd de la ciclul real de sarcină, stabilit cu ajutorul aparatelor înregistratoare. Alegîndu-se un ciclu de sarcină zilnic, tipic, se poate stabili ciclul anual de sarcină.

Constantele necesare cunoscute pentru determinarea punctului celui mai cald în înfășurări sînt: încălzirea uleiului la sarcină nominală, pierderile de înfășurări și miez la sarcină nominală, diferența de temperatură dintre ulei și punctul cel mai cald al înfășurărilor, constanta de timp și puterea nominală a transformatorului. Factorii de îmbătrînire se obțin din curbele date de ecuația lui Arhenius, cunoscînd constantele materialelor izolante. Relațiile complicate se rezolvă cu ajutorul calculatoarelor cifrice automate.

C.T.

CZ 621.314.3.042.12.001.13

Dezvoltarea transformatoarelor de putere. In: Electrical Times, vol. **145**, nr. 7, p. 247 — 248, 13 febr. 1964.

S-au efectuat modificări în modul de proiectare a miezului transformatoarelor cu tole, orientate în scopul de a menține direcția fluxului pe cît posibil paralelă cu direcția de laminare a oțelului. Principalele modificări sînt:

— pachetele de tole ale jugului și lonjeronul sînt identice;
— s-au introdus colțare de îmbinare cu tăieturi decolate;
— au fost eliminate buloanele și introduse legături circulare din fibră.

În felul acesta se speră că greutatea de transport pentru unități foarte mari nu va depăși 220 t.

Tabela 1

Putere nominală, MVA	Tensiune maximă, kV	Greutatea miezului și înfășurării, %	Greutatea carcasei, %	Pierderi în miez, %	Ulei, %
500 auto	400	14,8	24,4	27,2	35,4
225	275	11,9	16,2	17	25,8
180 auto	275	11,6	17,6	16	25,5
120	275	12,8	16,1	20	24,3
60	132	9,4	9,8	14	13,6

În tabela 1 se indică cîteva caracteristici ale seriei de transformatoare și autotransformatoare de construcție trifazată, care se fabrică în prezent.

Se speră că în acest fel să se poată livra unități trifazate pînă la puteri atingînd 750 MVA.

A.R.

CZ 621.314.21 : 676.492

Stamm, E. H. H., Kahle. M. **Utilizarea hîrtiei izolante în aparate și transformatoare de înaltă tensiune** (Eisatz von Isolierpapieren in Apparaten und Transformatoren hoher Reihenspannung). În: Elektrie, nr. 12, dec 1963, p. 392—396, 3 tab., 18 diagr.

Este vorba de o serie de încercări privind comportarea hîrtiei izolate la diferite solicitări electrice, mecanice și termice, inclusiv mijloacele de ameliorare a proprietăților ei dielectrice. Solicitările mecanice pot interveni fie în timpul montajului, fie prin variația umidității. În două tabele sînt indicate pentru diferite grosimi de hîrtie descrierea experiențelor de străpungere cu diferite tensiuni alternative și aceasta atît cu hîrtie uscată, cît și cu hîrtie impregnată cu ulei și supusă apoi tensiunii mecanice. O a treia tabelă reprezintă rezultatele experiențelor cu hîrtie pentru cabluri impregnată cu ulei și presată, tensiunile de străpungere crescînd cu presiunea la care este supusă hîrtia.

O serie de diagrame ne arată apoi rezultatele unor experiențe cu hîrtie solicitată termic. Pentru diferite temperaturi și durate de solicitare sînt redate (pentru hîrtie satinată de condensatoare și pentru hîrtie de cabluri) tensiunile de străpungere, rezistențele de suprafață, coeficienții de pierdere etc. Se conchide că nu trebuie depășită temperatura de 110°C, altfel existînd pericolul ca hîrtia să crape la prima solicitare mecanică.

S-a reușit ca printr-un tratament chimico-electric (tratarea celulozei cu acid clorhidric și supunerea ei unui cîmp electric) să se reducă numărul ionilor, micșorîndu-se coeficientul de pierdere la temperaturi mai ridicate. Sînt arătate pentru diferite temperaturi variațiile rezistenței specifice și ale factorului de pierdere în funcție de durata tratamentului menționat. Sînt date apoi rezultate practice la condensatoare și transformatoare obținute prin eliminarea sărurilor din hîrtie cu ajutorul dezionizării.

În încheierea articolului se tratează despre uscare și tratarea în vacuum a hîrtiei izolante, arătîndu-se influența acestora asupra proprietăților dielectrice. Pentru stabilirea timpului de uscare sînt descrise anumite experiențe (hîrtie înfășurată în jurul unui cilindru de aluminiu) și rezultatele lor, care arată în două diagrame factorul de timp în funcție de temperatură și de umiditate.

Gh. C.

CZ 621.314.21

Popov, F. **Despre tendințele de dezvoltare a transformatoarelor** (Über die Entwicklungstendenzen im Transformatorenbau). In: Elektrie, nr. 12, dec 1963, p. 387—388, 2 tab., 3 diagr.

Sînt studiate metodele principale pentru reducerea volumului și masei transformatorului de putere, indicîndu-se posibilitățile practice pentru rezolvarea acestor probleme. În acest scop sînt examinate din acest punct de vedere opt diferite execuții ale unui transformator trifazic de 1 000 MVA, 400/231 kV. Drept criteriu pentru comparație sînt considerate cheltuielile minimale anuale (construcție plus exploatare) ale diferitelor variante pe un timp oarecare. Sînt prezentate în primul rînd toate valorile comune tuturor variantelor: timpul anual de încărcare, factorul de umplere a bobinajului pe simbure, amortizarea, prețul pe kV/h, pierderile în gol etc.

Într-o tabelă sînt indicate diferitele însușiri (selfinducție, pierderile specifice etc.) pentru cele opt grupe de transformatoare cu diferite calități de tole. Fiecare grupă, la rîndul ei, are trei variante din punctul de vedere al factorului de umplere, deci al calității izolației. O tabelă ne dă pentru fiecare variantă diferitele distanțe de izolație. Cheltuielile

de exploatare şi cele de construcţie pentru cele opt grupe de transformatoare sînt reprezentate grafic în două serii de curbe în funcţie de factorul de umplere k_w, care variază între 0,3 şi 0,6. Reiese din aceste curbe că la o creştere a factorului k_w la 0,6 (menţinînd-se aceeaşi tolă) scad atît cheltuielile totale anuale (investiţie şi exploatare), cît şi cheltuielile de investiţie. Acelaşi lucru se petrece la menţinerea constantă a lui k_w însă la ameliorarea calităţii tolei. Ameliorînd atît pe k_w cît şi calitatea tolei, se obţin reduceri de preţuri duble faţă de cele realizate prin mărirea lui k_w sau prin ameliorarea tolei.

În concluzie se recomandă dezvoltarea bobinajelor în folii şi în acelaşi timp realizarea unor tole, care — la creşterea inducţiei de exploatare — să nu antreneze şi creşterea pierderilor specifice active şi inductive din tolă.

Gh. C.

CZ 621.314.236

Grosu, Şt., Stanciu, V., Togiu, D. şi Şarpe, M. **Noi principii în construcţia transformatoarelor mari cu bobinaje de aluminiu** (Neue Grundsütze beim Bau von Grosstransformatoren mit Aluminium wicklungen). In: Elektrie, nr. 12, dec 1963, p. 388—391, 3 scheme, 3 tab. 6 fig.

Dintre cele două posibilităţi de trecere de la transformatoarele de cupru la cele de aluminiu — la unul menţinînd-se secţiunea bobinajului şi mărindu-se pierderile, la altul crescînd secţiunea şi menţinînd pierderile — s-a preferat cel din urmă, care egalează transformatoarele de cupru atît tehnic, cît şi economic. Această soluţie a fost adoptată de întreprinderea „Electroputere" — Craiova, care a introdus principii noi în construcţie. Este vorba de transformatoarele cu simburele compus din cinci coloane, cu bobinajul de înaltă tensiune (compus din două sau trei părţi) dublu-concentric, construcţie care fost realizată la Craiova pentru transformatoarele reglabile în gol şi pentru altele reglabile sub sarcină. În trei scheme sînt arătate în amănunt execuţiile bobinajelor de înaltă şi de joasă tensiune pentru trei modele de transformatoare (20, respectiv 25 kVA): unul reglabil în gol, altul reglabil sub sarcină şi altul reglabil sub sarcină pe partea de înaltă tensiune. Pentru aceste modele sînt arătate în trei tabele caracteristicile principale: limitele şi numărul treptelor de reglaj, pierderile în gol, cantitatea de material, dimensiunile etc.

Articolul se încheie cu discutarea anumitor eventuale dezavantaje ale construcţiilor menţionate: prelungirea timpului de execuţie (la simbure şi la bobinaj) şi dimensiunile mărite, justificarea obiecţiilor arătate constă în reducerea considerabilă de material şi în micşorarea pierderilor. În plus, datorită pierderilor reduse se micşorează elementele de răcire şi cu ele întreaga masă a transformatoarelor cu toate avantajele care decurg de aici (transformator etc.). În cei 3 ani de utilizare a acestor transformatoare s-a ajuns la concluzia că realizarea lor este economică.

Gh. C.

CZ 621.315 *Transmiterea energiei electrice. Linii conductoare. Materiale izolante*

CZ 621.315.211.9 : 621.315.235

Hewett, N. B. **Primele trei pozări ale unor cabluri răcite cu apă.** În: Electrical Times, vol. **145**, nr. 19, 7 mai 1964. p. 723—727.

Se descriu primele trei instalări ale unor cabluri răcite cu apă şi anume: cablul de la sincrotronul din Glascow, care a permis mărirea capacităii de la 300 MeV la 450 MeV, cablul de 13,8 kV,6 kA monofazat de 254 mm² Cu, destinat pentru legătura generatorului nr. 4 de 120 MW din centrala Bankside cu transformatorul bloc, cablul de 25 kV,15 kA monofazat de 508 mm² Cu, instalat în fabrica de generatoare AEI-Manchester pentru un stand de probă. Articolul dă detalii în special asupra cablului instalat la centrala Bankside. Numeroase fotografii arată componentele sistemului hidraulic şi diferite faze ale lucrărilor, atît la capătul dinspre generator, cît şi la cel dinspre transformator. Comparaţia costurilor cablului răcit cu apă cu sistemul de legătură în bare de tip clasic sau bare ecranate pe fiecare fază arată următoarele valori: cabluri răcite cu apă 100 %; bare de tip clasic 104 %, bare izolate pe fiecare fază 117 %.

A. R.

CZ 621.317 *Măsurări electrice*

CZ 621.317.3.018.3

Castelli, F. **Procedee de măsurare pentru efectuarea analizei armonice a mărimilor electrice** (Procedimenti di misura per l'analisi armonica di grandezze elettriche). In: Elettrotecnica **51**, nr. 3, 1964, p. 120—133, 33 fig., 72 ref.

Se descriu pe scurt procedeele folosite pentru măsurarea mărimilor electrice cu ajutorul analizei armonice şi se arată bazele teoretice, realizarea şi funcţionarea analizoarelor armonice cu măsurare directă şi cu măsurare indirectă, destinate pentru efectuarea analizei armonice a mărimilor, a căror evoluţie se poate exprima prin funcţii periodice sau prin funcţii aperiodice. Supunînd unui scurt examen critic metodele folosite se indică trei procedee fundamentale de măsurare: procedeul prin „opoziţie", prin „selecţie" şi prin „schimbarea frecvenţei" de tip sincron (heterodinare şi sincrodinare), după care se trag concluzii utile pentru alegerea procedeului celui mai corespunzător, în legătură cu scopul urmărit de analiza armonică şi cu caracteristicile mărimilor de măsurat.

L. V.

CZ 621.319.4 *Condensatoare*

621.319.4 :621.316.268.3

Pilatowicz, A. **Amplasarea optimă a bateriilor de condensatoare pe stîlpi la liniile de distribuţie de medie tensiune** (Najkorzystni ejsze rozmieszczenie baterii condensatorow slupowych w limach rozdzielezych sredniego napiecia). In: Przegl. elektrotechn. **39**, nr. 1, 1963, p. 29—32, 3 fig.

După prezentarea problemei se arată modul de calcul al energiei electrice active şi reactive transmise pe linie cu şi fără baterii de condensatoare. Se deduc relaţiile de calcul ale pierderilor de putere activă şi reactivă pentru cele două situaţii. Din scăderea pierderilor de energie activă şi reactivă se deduce funcţia a cărei derivată, în raport cu lungimea liniei, prin anulare, permite stabilirea distanţei optime de plasare a condensatoarelor. Se studiază cazul folosirii unei singure baterii şi cazul folosirii a două baterii de condensatoare generatoare de energie reactivă. În ambele cazuri se stabilesc relaţii de calcul pentru lungimea optimă a liniei şi deci a stîlpului unde se plasează bateriile de condensatoare, astfel încît pierderile de energie pe linie să fie minime. Se indică diagrama de variaţie a diferenţei pierderilor în cele două cazuri, în funcţie de puterea reactivă specifică în kVA/km, indicîndu-se situaţiile ce prezintă interes în exploatare pentru diverse durate de funcţionare a liniilor în cursul anului. Procedeul descris de autor reprezintă o posibilitate de alimentare a consumatorilor în condiţii tehnico-economice avantajoase, deoarece se îmbunătăţeşte distribuţia tensiunii de-a lungul liniei şi la consumator şi se reduc apreciabil pierderile de putere.

C.A.

CRONICĂ

Expoziția realizărilor economiei naționale a Republicii Populare Romîne

Expoziția realizărilor economiei naționale constituie o impresionantă imagine a puterii economice de care dispune țara noastră astăzi, după două decenii de la eliberare și dezvăluie perspectiva luminoasă pe care o deschide desăvîrșirea construcției socialiste pe drumul căreia înaintează poporul nostru condus de partid.

În cele două decenii de la eliberarea de sub jugul fascist, în țara noastră s-au pus bazele unei moderne și puternice industrii electrotehnice, rod al politicii înțelepte și consecvente de industrializare socialistă, desfășurată de partidul și guvernul țării noastre.

Expoziția realizărilor economiei naționale ilustrează pe deplin acest lucru, constituind mărturia vie a marilor înfăptuiri din această perioadă relativ scurtă din istoria patriei noastre.

În cadrul expoziției, industria electrotehnică ocupă un rol important, fiind prezentă în mai toate standurile, datorită contribuției pe care această subramură a industriei construcțiilor de mașini o aduce la promovarea progresului tehnic, la dezvoltarea potențialului industrial al țării. Creată cu aproape 16 ani în urmă, industria electrotehnică dispune astăzi de o puternică bază tehnică de producție, concretizată în unități de producție bine profilate, moderne, dotate cu mașini, utilaje și instalații la nivelul tehnicii mondiale. Cît de mult a crescut puterea industrială a acestei subramuri este redat destul de concludent de faptul că în anul 1963 producția sa era de 20 de ori mai mare decît cea din anul 1950. Creșterea producției s-a desfășurat într-un ritm foarte accelerat, în perioada 1951—1963 acesta fiind în medie de 26% anual.

Industria electrotehnică s-a dezvoltat multilateral nu numai din punct de vedere cantitativ, ci și din punct de vedere calitativ și structural, o dată cu creșterea importantă a producției, avînd loc și o creștere a gamei sortimentelor, precum și o continuă perfecționare tehnică a produselor, în pas cu cele mai noi realizări pe plan mondial.

Astăzi industria electrotehnică, pe lîngă faptul că satisface în mare măsură necesitățile economiei în plină dezvoltare, mai contribuie și la lărgirea schimburilor comerciale cu țările străine, prin produsele pe care le livrează pentru export și care sînt bine apreciate și din ce în ce mai solicitate.

În expoziție se reflectă din plin contribuția pe care industria electrotehnică a adus-o și o aduce la dezvoltarea economiei noastre naționale. Transformatoarele de puteri pînă la 100 MVA și cu tensiuni pînă la 110 kV, echipamentele pentru stații de transformare, sînt o parte din produsele cu care industria electrotehnică a contribuit la înfăptuirea înainte de termen a planului de electrificare și la dezvoltarea în continuare a producției de energie electrică, pe baza Directivelor celui de-al III-lea Congres al P.M.R.

Gama variată de motoare electrice de toate tipurile, produse de întreprinderile din Săcele, Timișoara și București, după cerințele prescripțiilor internaționale, are o largă răspîndire în mai toate ramurile economiei naționale, ele fiind prezente în multe din obiectivele industriale construite în cei 20 de ani. Motoarele electrice de puteri mari realizate în cadrul unor serii unitare și la nivel tehnic superior sînt întîlnite, de exemplu, în industria petrolului, a cimentului, ca și în alte ramuri importante ale economiei. Standul unde sînt prezentate aceste exponate este unul dintre punctele care atrag atenția în mod deosebit vizitatorilor, bucurîndu-se de aprecieri elogioase din partea specialiștilor străini.

La mecanizarea și automatizarea proceselor de producție în ramurile economiei, care constituie principalele direcții ale progresului tehnic contemporan, industria electrotehnică are o contribuție deosebită.

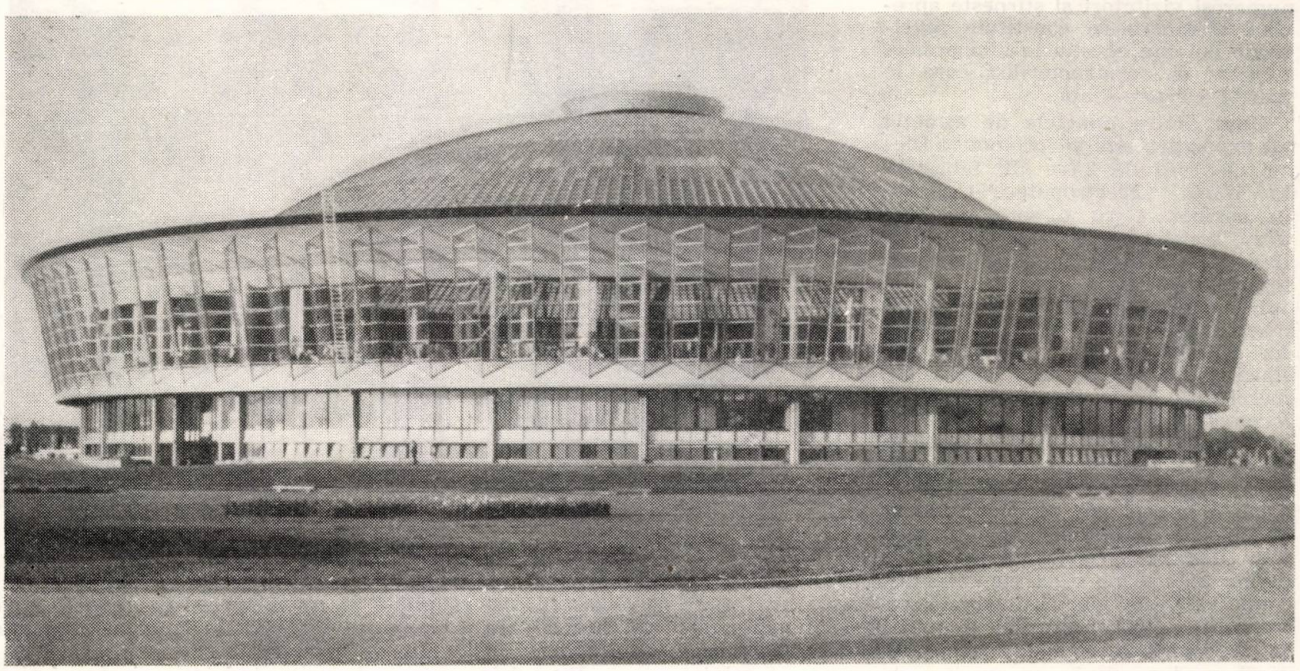


Fig. 1. Pavilionul expoziției

Exponatele pe care le prezintă dovedesc cu prisosinţă acest lucru. Elementele de automatizare şi control, fabricate de industria electrotehnică, au o contribuţie importantă în automatizarea proceselor de producţie de la noile furnale de la Hunedoara. De asemenea, ele sînt prezentate în noile linii tehnologice pentru industria alimentară, în liniile de ciment de mare capacitate, în centralele electrice, în construcţia unor sere, în liniile tehnologice pentru industria chimică etc. În telecomunicaţii elementele de automatizare îşi fac loc din ce în ce mai mult, iar în transporturile feroviare ocupă un loc central, prin instalaţiile de semnalizare şi centralizare electrodinamică şi prin blocul automat de linii care deservesc staţiile şi nodurile de cale ferată. Pînă acum, 60 de staţii de cale ferată din ţara noastră sînt înzestrate cu asemenea instalaţii moderne de înaltă tehnicitate. Miniatura unei instalaţii de centralizare electrodinamică, existentă în expoziţie, atrage numeroşi vizitatori şi stîrneşte aprecieri elogioase ce constituie felicitările pe care aceştia le aduc proiectanţilor şi constructorilor care le merită cu prisosinţă.

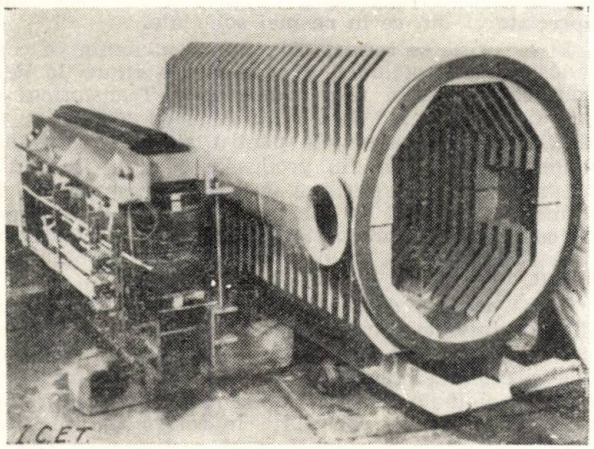


Fig. 2. Transformator antideflagrant

Unul dintre punctele de atracţie ale expoziţiei este şi locomotiva Diesel electrică de 2 100 CP fabricată de Uzina „Electroputere"-Craiova, în colaborare cu o serie de alte uzine constructoare de maşini. Realizată la nivelul tehnicii actuale, locomotiva Diesel electrică constituie o contribuţie de seamă la modernizarea şi dezvoltarea sectorului de transporturi feroviare. Pe lîngă faptul că oferă o viteză comercială a trenurilor mult sporită, locomotiva Diesel electrică de 2 100 CP, echivalentă cu 2—3 locomotive cu abur, are un consum specific de combustibil de 5 ori mai mic şi asigură importante economii. Blocul de aparate de automatizare cu care este înzestrată, concentrează producţia a 13 uzine electrotehnice. Locomotiva Diesel electrică asigură, pe lîngă o mai mare siguranţă a transporturilor şi condiţii de muncă radical îmbunătăţite faţă de locomotivele cu abur. Mecanicul conduce de la un pupitru de comandă, ajutat de un mecanic ajutor, care supraveghează periodic funcţionarea agregatelor din sala maşinilor.

Această importantă realizare a industriei noastre se bucură de atenţia deosebită a specialiştilor străini care o consideră ca fiind un agregat complex ce corespunde cerinţelor tehnicii moderne şi demonstrează nivelul tehnic al cadrelor de muncitori, ingineri şi tehnicieni care au contribuit şi contribuie permanent la realizarea lui. Talentul şi hărnicia cadrelor noastre este cu atît mai mare cu cît această însemnată realizare a fost asimilată în numai 2 ani de muncă, pînă atunci ţara noastră neavînd nici un fel de experienţă în acest domeniu de producţie.

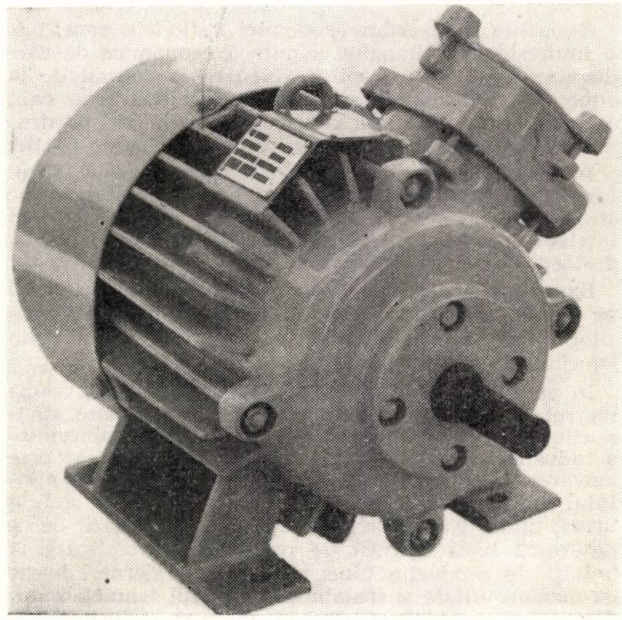


Fig. 3. Motor electric capsulat

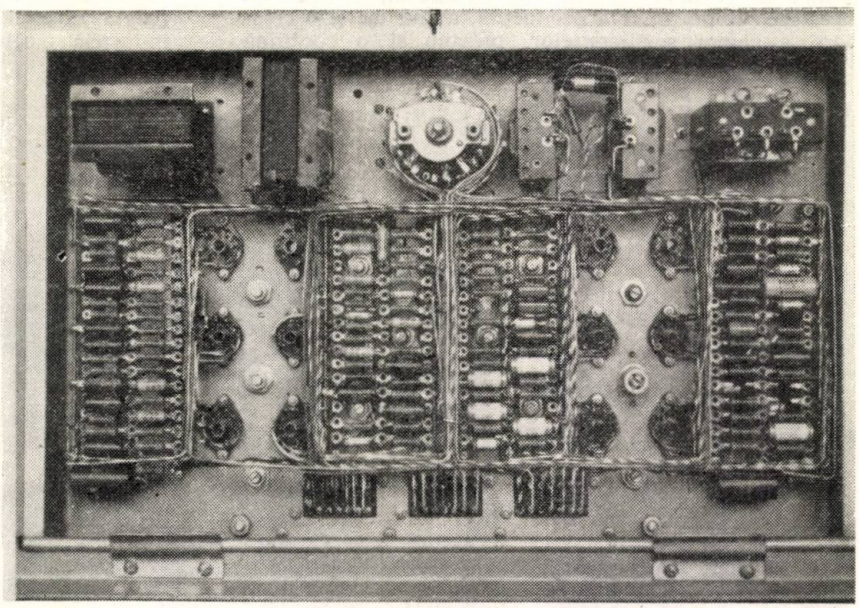


Fig. 4. Bloc electronic al strungului automat

Ritmul în care s-a dezvoltat industria electrotehnică a permis ca producţia sa să satisfacă cererile mereu crescînde determinate de ritmul rapid de dezvoltare

a economiei naţionale. Creşterea producţiei la principalele produse reflectă pe deplin posibilităţile de producţie din ce în ce mai mari ale acestei subra-

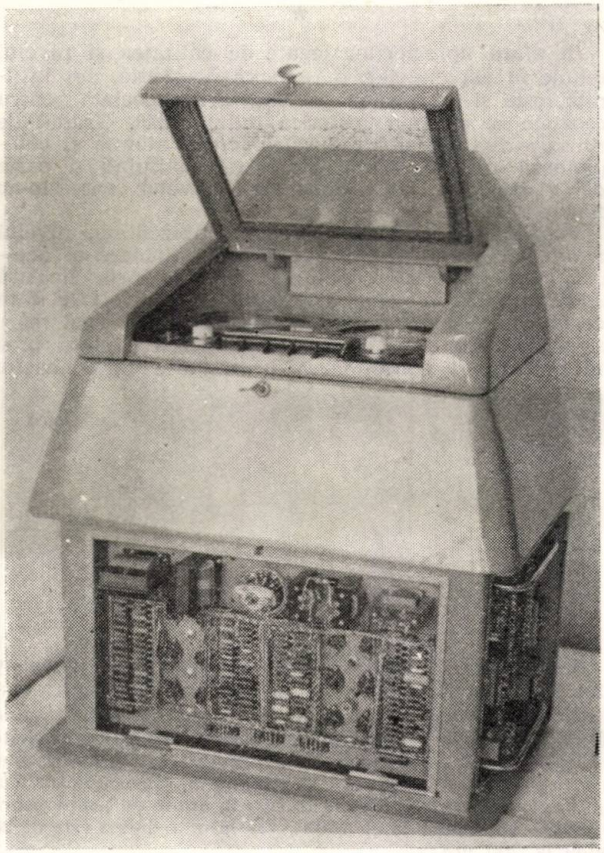


Fig. 5. Programator electronic al strungului automat

muri. Aşa de exemplu, în anul 1963 producţia de motoare electrice era de 6,3 ori mai mare faţă de anul 1955, cea de aparataj, de trei ori, de cabluri şi

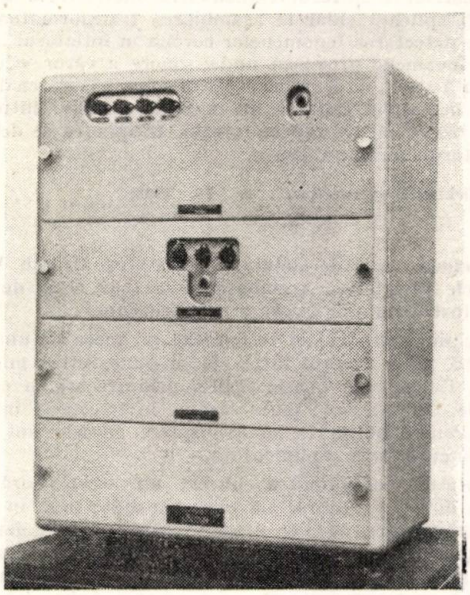


Fig. 6. Grupul „Unidin"

conductoare, de două ori, de transformatoare, de 11 ori, de bunuri de consum electrotehnice, de 6 ori şi altele.

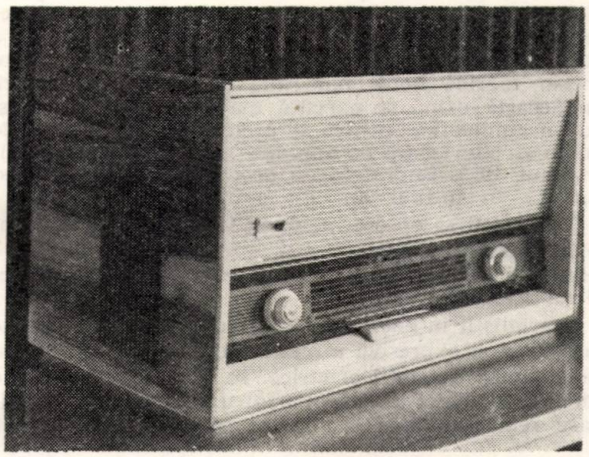


Fig. 7. Radioreceptorul „Modern"

Industria electrotehnică este prezentă şi în standurile destinate bunurilor de consum, cu un număr însemnat de sortimente de aparate de radio, televizoare

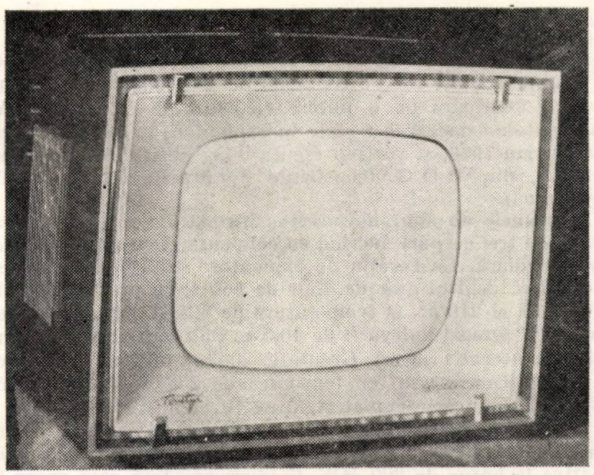


Fig. 8. Televizorul „Tonitza"

şi aparate electrice de uz casnic. Numai în anul 1963 s-au produs patru tipuri de televizoare, numărul aparatelor de radio fabricate a sporit de aproape trei

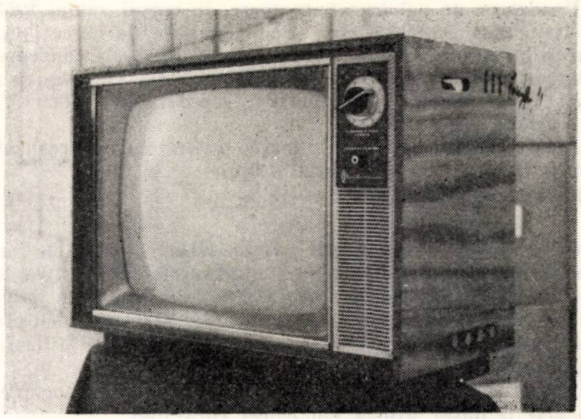


Fig. 9. Televizorul „Grigorescu"

ori faţă de anul 1955, iar livrările de produse electrotehnice de uz casnic au crescut de peste cinci ori faţă de aceeaşi perioadă.

Printre produsele prezentate în standurile expoziţiei, un loc însemnat îl ocupă produsele uzinei „Electronica"-Bucureşti, care în anii puterii populare a fost transformată dintr-o secţie mică de asamblare într-o fabrică nouă, modernă, cu mii de muncitori. În această uzină se execută majoritatea reperelor şi subansamblurilor pentru o producţie de aparate de radio şi televizoare de aproape 12 ori mai mare decît în anul 1955. Suprafaţa de producţie a uzinei a fost sporită în ultimii ani de patru ori.

Vizitatorii se opresc îndelung la standurile care cuprind aceste exponate şi fac aprecieri pozitive asupra nivelului tehnic, finisajului şi caracteristicilor funcţionale ale acestora.

Specialiştii în energetică remarcă prezentarea foarte compactă şi expresivă a sectorului în care sînt expuse noile tipuri de staţii electrice. În mod deosebit reţine atenţia substaţia cu stîlpi pentru 400 kV — o realizare remarcabilă şi o noutate pe plan mondial.

Mult apreciată este, de asemenea, şi staţia de conexiuni şi transformare pentru înaltă şi foarte înaltă tensiune, realizată după o concepţie modernă, exploatarea instalaţiilor făcîndu-se prin telecomandă.

★

În afara aprecierilor legate de calitatea şi nivelul tehnic al exponatelor, o remarcă deosebită, des întîlnită, este şi în ceea ce priveşte grija specială pentru ceea ce se cheamă „estetica industrială". Gradul de finisare deosebit al produselor atrage atenţia şi completează nivelul tehnic ridicat, constituind o carte de vizită care face cinste colectivelor care le-au făurit.

Varietatea mare a exponatelor prezentate, nivelul tehnic ridicat şi gradul superior de finisare al acestora demonstrează concludent că industria noastră electrotehnică a atins o treaptă de dezvoltare care constituie o bază puternică pentru un şi mai mare avînt, pentru continuarea succeselor repurtate pînă în prezent şi consolidarea prestigiului ţării noastre peste hotare.

D. Stoica

SCURTE ŞTIRI

Turbogeneratoare puternice realizate de AEG. Firma AEG a primit în iunie 1963 o comandă pentru construirea a două turbogeneratoare cu o putere electrică de cîte 300 MW. Agregatele urmează a fi date în exploatare în anul 1965, cel mai tîrziu 1966, şi vor reprezenta două dintre cele mai mari unităţi din R.D.G. (construite de firmele din Germania apuseană).

Turbinele de abur ale acestor instalaţii vor fi cu arbore unic, cu trei corpuri, lucrînd cu condensare, cu supraîncălzire intermediară. La turaţia de exploatare de 3 000 rot/min se consideră debitul orar de abur de 860 t, cu presiunea de la 160 pînă la 210 at, la temperatura de 525—535°C. Lungimea totală a agregatului va fi de 40,5 m (din care turbina 23,2 m şi generatorul 17,3 m). Greutatea agregatului va fi de circa 1 850 t. Generatorul cu tensiunea de 25 000 V, turaţia de 3 000 rot/min este cuplat rigid cu turbina.

Puterea aparentă maximă va fi de 400 MVA, ceea ce corespunde la un factor de putere de 0,75, unei puteri electrice active la borne de 300 MW. Căldura pierdută care apare în generator va fi îndepărtată din înfăşurarea statorului prin apa curentă, iar din înfăşurarea rotorului, prin intermediul răcirii cu hidrogen. Agregatul nou va servi ca model pentru unităţile ulterioare cu o putere de 500 şi 600 MW.

Din „Elektrizitätsverwertung", nr. 8/9, 1963.

Realizarea de noi transformatoare. În cursul anului 1963, în Republica Populară Bulgaria, la uzinele de curenţi tari din Sofia, au fost realizate primele transformatoare cu o capacitate de 60 000 kVA şi tensiune 110 000 V. De asemenea, a fost construit un transformator cu o putere de 32 000 kVA şi tensiune 220 000 V.

Aceste transformatoare de mare putere au fost realizate avînd la bază documentaţia proprie.

Bul. ambasadei R. P. Bulgaria, dec 1963.

Comandarea temperaturii cuptoarelor industriale cu ajutorul fototranzistoarelor. Cu ajutorul fototranzistoarelor poate fi comandată temperatura diferitelor cuptoare industriale cu precizia de 10°C. Marele avantaj al acestui nou procedeu constă în viteza mai mare de lucru (faţă de utilizarea termocuplului).

Dispozitivul poate fi folosit şi acolo unde termocuplele nu s-ar fi putut utiliza din cauza coroziunii.

Din : ETZ—B, nr. 13, 1963.

Redresoare noi cu siliciu. Firma Raytheon Company din S.U.A. a elaborat redresoare noi cu siliciu. Acestea sînt executate în două serii cu tensiune de blocare de la 1 pînă la 5 kV şi de la 4 la 10 kV. Redresoarele sînt montate în pachete şi introduse într-o carcasă. Dimensiunile lor sînt foarte mici (de la 0,95 cm şi lungimea 1,27 cm pînă la diametrul 1,27 cm şi lungimea 5,08 cm). Pot să lucreze în limite de temperatură de la —55°C pînă la + 150°C. Curentul redresat este de 20 pînă la 200 mA.

Din „Elektrotechnik" nr. 2, 1964, p. 63.

Un nou procedeu de localizare a defectelor la izolaţia transformatoarelor. La General Electric s-a elaborat un procedeu nou pentru localizarea defectelor în izolaţia transformatoarelor cu ajutorul tehnicii ultrasunetelor. Noua metodă poate fi aplicată chiar la asamblarea transformatoarelor şi permite detectarea fenomenelor corona în interiorul izolaţiei. Aceste fenomene provoacă unde sonore a căror viteză este cunoscută exact, de aceea se poate efectua măsurarea distanţei locului defectului faţă de un microfon sensibil, introdus în mediul izolant al transformatorului. Întîrzierea se determină cu ajutorul unui osciloscraf.

Din : „Elektrizitätsverwertung", nr. 10, 1963.

O metodă nouă de sudură. Societatea British Welding Research Association a elaborat o metodă nouă de sudură care a fost denumită „sudura prin fricţiune".

Principiul metodei noi se bazează pe aceea că una dintre cele două piese presate între ele se pune într-o mişcare de rotaţie. Cu această ocazie apare, prin frecare, o cantitate mare de căldură, apoi piesa care se învîrteşte se înfrînează brusc. Pentru obţinerea sudurii sigure, piesele sînt presate între ele cu o forţă suplimentară.

Societatea menţionată a eliberat un buletin, arătînd că tehnica nouă de sudură, ale cărei rezultate pînă în prezent sînt promiţătoare, va avea o mare influenţă asupra dezvoltării construcţiilor, de exemplu în industria de aviaţie, automobilism şi în industria electrotehnică, cum şi în construcţia maşinilor prelucrătoare.

Din : „Elektrotechnik" nr. 1, 1964.

O nouă metodă pentru protecţia electromotoarelor contra suprasarcinilor. În U.R.S.S. s-a elaborat o metodă nouă pentru protecţia electromotoarelor contra suprasarcinilor. Cu ajutorul termistoarelor se controlează căldura înfăşurării maşinii, iar la depăşirea unei anumite valori motorul se deconectează. Instalaţia s-a comportat foarte bine la încercări. Cu ajutorul ei sporeşte durata totală de funcţionare a maşinilor protejate.

Din: „Promîşlennaia energetika", nr. 10, 1963.

Redresoare cu siliciu de mare putere construite în Japonia. Firma japoneză Hitachi construieşte echipamente de alimentare pentru producţia de aluminiu cu redresoare cu siliciu de o putere de 81 MW (în anul 1961 puterea maximă a acestor dispozitive a fost de 36 MW). Redresoarele cu siliciu debitează un curent maxim de 500 A cu tensiunea inversă de 1 500 V, iar temperatura maxim admisibilă este de 150°C. Pentru reducerea ondulaţiilor curentului redresat se utilizează un sistem cu 12 faze. Randamentul instalaţiei menţionate atinge valorile de 0,9 pînă la 0,94.

Din: „Elektrotechnik", nr. 12, 1963, p. 368.

Cea mai mare uzină termoelectrică din lume cu lignit brut. La sfîrşitul anului 1962 s-a dat în funcţiune la Frimersdorf, în R.F.G. cea mai mare uzină din lume în care se arde lignit brut, cu o putere de 1,7 GW. În decembrie 1962 s-au consumat aici în fiecare zi 45 000 pînă la 60 000 t lignit brut (adică circa 70 trenuri de cîte opt vagoane speciale, cu capacitatea de cîte 100 t). Uzina din Frimersdorf are 12 coşuri de cîte 100 m înălţime şi 27 turnuri de răcire. Clădirea uzinei în care sînt instalate 12 unităţi bloc are lungimea de 430 m.

Din: „Elektrotechnik", nr. 12, 1963.

Rectificare

Se înlocuieşte prezentarea articolului: „Cercetări experimentale asupra caracteristicii de pornire a maşinilor electrice rotative, sincrone şi asincrone" de O. Drăgănescu, Gh. Galbenu şi S. Stamate, apărut în revista Electrotehnica nr. 8, 1964, cu următorul text:

Cercetările întreprinse asupra maşinilor sincrone cu piese polare masive şi cu colivie de pornire, cum şi asupra maşinilor asincrone cu colivie din aluminiu, au permis tragerea unor concluzii privind influenţa pieselor polare masive, a înclinării crestăturii rotorice etc., asupra pierderilor de diferite feluri, cum şi asupra caracteristicilor de pornire. Rezultă pentru constructori indicaţii preţioase care permit evitarea unor greşeli.

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU; prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, membru coresp. al Acad. R.P.R.; acad. dr. ing. A. AVRAMESCU — redactor responsabil; ing. V. BUNEA; ing. V. CIOFU; prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU; ing. AL. GRECEANU; ing. ŞT. GROSU; conf. ing. G. HORTOPAN — redactor responsabil adjunct; conf. ing. G. LAZARIDE; ing. A. POPA; prof. ing. CRISTINA POPESCU; ing. VL. POPOVICI; acad. prof. dr. ing. R. RĂDULET; ing. ST. ŢIGANETEA; ing. R. VLĂDOIANU.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Ministerului Industriei Construcţiilor de Maşini şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. — Redacţia şi administraţia, Bucureşti, str. Ion Ghica nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu. Telefon: 13.84.16. Revista este editată de M.I.C.M. Abonamentele se primesc la administraţia revistei. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicaţiile tehnice M.I.C.M. — cont 026002 B.R.P.R. — Filiala 30 Decembrie, Bucureşti. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual; tarif pentru muncitori-tehnicieni şi ingineri: lei 30 anual. Costul unui exemplar lei 5. Tiparul: Intreprinderea „Informaţia", str. Brezoianu nr. 23—25, Bucureşti, c. 3069.

41 400

POLSKI KOMITET NORMALIZACYJNY 1883

Recomandări pentru autori

1. Lucrările care pot fi prezentate spre publicare sînt : de importanță generală, tehnico-științifice speciale, teoretice sau experimentale și tehnice obișnuite.

2. Lucrările vor fi axate pe aducerea la îndeplinire a sarcinilor trasate de Directivele Congresului al III-lea al P.M.R., privind îndeosebi introducerea tehnicii noi, ridicarea calității produselor, reducerea prețului de cost, creșterea productivității muncii etc. Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învățămînt, producție este condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuție să se refere la probleme noi și actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde considerații privind eficiența economică a soluțiilor. Se recomandă ca articolele să conțină propuneri de viitor.

3. Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

4. Lucrările care au mai fost publicate integral sau parțial nu pot fi trimise redacției spre publicare.

5. Un scurt rezumat fixînd premisele de la care s-a pornit, problema studiată și cadrul în care este tratată, nedepășind 4—5 rînduri, va fi anexat lucrării.

6. In introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei și în preocupările producției ; de asemenea se arată scopul lucrării, subliniindu-se contribuția autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permițînd înțelegerea fără dificultăți a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstrații voluminoase ; de asemenea se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată, sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic — ilustrativ, tabele etc.

7. Concluziile vor concentra rezultatele obținute cu indicarea limitei de valabilitate și aplicațiile posibile.

8. Citarea literaturii de specialitate este obligatorie, pentru afirmațiile luate din alte lucrări și care nu sînt în general cunoscute.

9. Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului.

10. Se recomandă o atenție deosebită scrieii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele rusești, romane, grecești, germane etc.

11. Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cum și figuri sau tabele) atît cele speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcrieri originale. Pentru cărți : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus în paranteză), ediția, editorul, locul editurii, anul. Pentru articole : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus în paranteză), revista, volumul, numărul și luna, anul, paginile.

12. Scrisul la mașină al articolelor este recomandat cu insistență, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic.

Se scrie pe o singură pagină (față), la două rînduri (2 000 semne de pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.

13. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.

14. Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se vor indica : titluri, funcții, localitatea și adresa domiciliului, număr de telefon.

15. Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora pentru publicare.

16. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 ore de la primire. Nu se admit modificări în corectură față de manuscris.

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA 1883

SOMMAIRE

CD 621.318.33.013.22 : 539.165.2

Indreaș, Gr. et *Ryltsew, P. I.* : **La détermination de la position de la surface médiane des électro-aimants à symétrie axiale.**

Electrotehnica 12, no. 9, sept. 1964, p. 317–320

On décrit plusieurs dispositifs employés couramment pour déterminer la position de la surface médiane magnétique des électro-aimants à symétrie axiale et on propose une méthode simple fondée sur l'utilisation de l'effet Hall.

CD 538.541.082 : 621.318.1

Nicolaide, A. : **L'analyse non-linéaire de la propagation du champ électromagnétique dans les pièces ferromagnétiques.**

Electrotehnica 12, no. 9, sept. 1964, p. 320–330

L'auteur souligne l'importance pratique de l'étude de la propagation du champ électromagnétique dans les milieux ferromagnétiques et montre que, dans le cas de l'onde plane, les procédés de calcul peuvent être groupés selon deux méthodes. Après avoir démontré que les résultats obtenus par ces deux méthodes sont différents, on démontre que la première méthode, dans laquelle on tient compte seulement de l'harmonique fondamentale, est plus exacte que la seconde ; en revanche, celle-ci met en évidence les harmoniques supérieures. On examine ensuite le cas du champ magnétique qui a une composante perpendiculaire sur la surface du conducteur et on présente plusieurs relations mathématiques se rapportant au transfert de puissance, relations qui ne sont pas mentionnées dans la littérature technique. Les résultats sont utiles pour le calcul des paramètres des rotors massifs des machines asynchrones et synchrones.

CD 621.315.6.027.718 : 551.585.53/55

Burdulea, C. : **Le comportement des matériaux isolants qui entrent dans la construction des machines et des appareils électriques de haute tension, dans les conditions du climat tropical humide.**

Electrotehnica 12, no. 9, sept. 1964, p. 331–341

On analyse du point de vue théorique l'influence des facteurs climatiques dominants dans le climat tropical humide, sur les matériaux isolants électriques. On décrit les méthodes d'essai et de conditionnement qui servent à l'étude des matériaux isolants et on donne les résultats des essais effectués aux usines „Electroputere" – Craiova. Suivent des conclusions sur les matériaux essayés et sur leur emploi dans la réalisation de la protection tropicale des appareils de haute tension.

CD 621.316.573.064.33.002.4

Barbu, I. : **L'établissement du projet et la réalisation d'un court-circuiteur de 30 kA, 500 V.**

Electrotehnica 12, no. 9, sept. 1964, p. 341–349

On indique les calculs et les considérations théoriques qui ont déterminé le choix et les dimensions constructives du court-circuiteur. On insiste sur la durée de la commande, on établit le calcul respectif et celui de la vitesse des contacts. En examinant les méthodes d'accélération des électro-aimants, on démontre et on vérifie le fait que la variation de la constante de temps est proportionnelle au radical du coefficient de remplissage et ne dépend pas du nombre des spires.

COMPTES RENDUS 350–351

EXTRAITS 351–354

CHRONIQUE 355–358

BRÈVES NOUVELLES 358–359

TITLURI DOCUMENTARE

CZ 621.3 ELECTROTEHNICĂ GENERALĂ

CZ 621. 3. 016.34.004.4: 621.313.13

Stadler, H. **Probleme de protecție contra supraîncărcării motoarelor mici trifazate, în particular tipul de protecție. Protecția renforțată.** Electrotechn. Zeit. (ETZ-A) **85**, nr. 13, 26 iun 1964, p. 411—413, 5 fig.

CZ 621.3.047.43.004.6:621.3.014.31

Binder, K. **Uzura periilor de cărbune provocată de arcurile de comutare.** În : Electrotechn. Zeit. (ETZ-A) **85**, nr. 8, 17 apr. 1964, p. 248—253, 6 fig., 13 ref. bibl.

CZ 621.3.066.6.014.36

Erk, A. **Asupra contracțiilor termice a pieselor de contact pentru curent tare, în caz de sarcină scurtă a curenților ridicați.** În : Electrotechn. Zeit. (ETZ-A) **85**, nr. 8, 17 apr. 1964, p. 226—231, 6 fig., 6 ref. bibl.

CZ 621.313 MAȘINI ELECTRICE DE CURENT CONTINUU ȘI ALTERNATIV. GENERATOARE. MOTOARE

CZ 621.313.011.23

Fork, K. **Determinarea reactanței operator la mașinile electrice cu curent continuu.** În : Electrotehn. Zeit. (ETZ-A) **85**, nr. 14, 10 iulie 1964, p. 426—430, 10 fig., 16 ref. bibl.

CZ 621.313.072:621—83:621.9

Kajevnikov, K. I. **Alegerea parametrilor raționali ai acționărilor electrice pentru mașini-unelte așchietoare cu comandă după program.** În : Electricestvo, nr. 1, ian 1964, p. 18—23 8 fig., 2 tab., 6 fig. bibl.

CZ 621.313.32

Petrov, I. P. **Încălzirea rotorului la pornirea motorului sincron în regim asincron.** În : Izv. VUZ, Elektromehanika 7, nr. 1, ian 1864, p. 121— 122.

CZ 621.313.32/33:621.315.53

Artanov, S. G. **Modificarea dimensiunilor și a indicilor tehnico-economici ai mașinilor sincrone și asincrone pentru trecerea la înfășurări de aluminiu.** În : Elektrotehnika, **35**, nr. 1, ian. 1964, p. 29—36, 2 tab.

CZ 621.313.33:538.56

Weh, H. **Asupra excitației de oscilație electromagnetică cu mașinile asincrone.** În : Elektrotechn. Zeit. (ETZ-A), nr. 7, 3 apr. 1964 p. 193—197, 8 fig., 2 ref. bibl.

CZ 621.313.33:621.315.53

Kravcic, E. D. și *Sokolova, M. I* : **Motoare asincrone cu înfășurări statorice turnate din aluminiu.** În : Electrotehnika, **35**, nr. 1, ian 1964, p. 36—37, 1 tab.

CZ 621.313.33.017.71

Nekrasov, O. M. **Calculul încălzirii mașinilor asincrone prin metoda parametrilor termici.** În : Izv. VUZ, Energhetika, **17**, nr. 1, ian 1964, p. 40—46, 1 fig., 6 ref. bibl.

CZ 621.313.13 — 531.6

Wessel, R. **Motor cu reglare de turație.** În : Elektro-Meister **17**, nr. 2, 20 ian 1964, p. 79—82, 7 fig.

CZ. 621.314 TRANSFORMAREA ENERGIEI ELECTRICE. TRANSFORMATOARE. CONVERTIZOARE. REDRESOARE

CZ 621.314.2+621.314.22.08:061.43 (43—2.27) „1964"

Frank, A. și Zahorka, R. **Transformatoare de putere și transformatoare de măsură.** În : Elektrotechn. Zeit. (EZT-B) **16**, nr. 13, 19 iunie 1964, p. 342—348, 16 fig.

CZ 621.314.213.3:621.315.615

Folosirea clofenului în construcția transformatoarelor. În : E.M.A. **43**, nr. 1, ian 1964, p. 10—17, 4 fig., 2 tab., 5 ref. bibl.

CONTENTS

DC 621.318.33.013.22 : 539.165.2

Indreaș, Gr. and *Ryltsew, P. I.* : **Determining the position of the median surface in the electromagnets with axial simmetry.**

Electrotehnica 12, nr. 9, sept. 1964, p. 317–320

After describing some devices commonly used to determine the position of the magnetic median in the electromagnets with axial simmetry, the author suggest an easy method based on the utilization of the Hall effect.

DC 538.541.082 : 621.318.1

Nicolaide, A. : **The non-linear analysis of the propagation of the electromagnetic field in ferromagnetic parts.**

Electrotehnica 12, nr. 9, sept. 1964, p. 320–330

The author stresses the practical importance of studying the propagation of the electromagnetic field in ferromagnetic media, pointing out that the existing calculation techniques may be grouped into two methods in the case of the plane wave. After demonstrating that the results obtained by the two methods are different, it is established that the first method, in which only the fundamental harmonic is taken into consideration, gives more exact results, whereas the second allows to make evident the higher harmonics. Then, the case is considered of the magnetic field which has a perpendicular component at the surface of the conductor and some calculus relations are established for the power transfer, which are not available in the literature. The results obtained are useful for calculating the parameters of the massive rotors in induction and synchronous machines.

DC 621.315.6.027.718 : 551.585.53/55

Burdulea, C. : **The behaviour of the insulating materials used in the construction of high-tension electric equipment and machinery under the moist tropical climatic conditions.**

Electrotehnica 12, nr. 9, sept. 1964, p. 331–341

The article analyses from the theoretical viewpoint the influence of the climatic factors prevailing in the moist tropical climate and their influence on the electroinsulating materials. One describes the testing and conditioning methods used to investigate the electroinsulating materials and the results are given of relevant tests carried out at the „Electroputere" Works in Craiova. Some conclusions are drawn concerning the materials tested and their possible utilization for the tropical protection of high-tension products.

DC 621.316.573.064.33.002.4

Barbu, I. : **The designing and construction of a shorteireuiting device of 30 kA, 500 V.**

Electrotehnica 12, nr. 9, sept. 1964, p. 341–349

One presents the calculus and theoretical considerations on which the choice and dimensioning of the constructive parts of the short-circuiting device are based, insisting upon the drive time. Some formulae are developed for calculating it, as well as the contact speed. By studying the electromagnet acceleration methods it has been analytically demonstrated and experimentally checked that the variation of time constant is proportional to the radical of the coefficient of admission and independent of the turn number.

REVIEWS 350–351

REPORTS 351–354

CHRONICLE 355–358

BRIEF NEWS 358–359

CZ 621.314.537.5:621.3.015.025

Schneppendahl, R. **Metodă de transpunerea undelor electromagnetice în tensiune alternativă.** În : Elektrotechn. Zeit. (ETZ-A) **85**, nr. 7, 3 apr 1964, p. 220, 1 fig.

CZ 621.314.64:621.382.2

Lozanov, I. şi *Popov, R.* **Redresoare de forţă reglabile de mare putere cu semiconductoare.** În : Elektroenerghiia **14**, nr. 12, dec 1963, p. 20—23, 8 fig., 4 ref. bibl.

CZ 621.315 TRANSMISIA ENERGIEI ELECTRICE. CABLURI. MATERIALE IZOLANTE

CZ 621.315.1/3:061.43 (43—2.27) „1964"

Blume, W. **Cabluri şi linii pentru curenţi tari.** În : Elektrotechn. Zeit. (ETZ-B) **16**, nr. 13, 19 iunie 1964, p. 367—370, 6 fig.

CZ 621.315.616.9:678.06

Schönfeld, R. **Acţionarea electrică a calandrelor pentru materiale plastice.** În : Elektrie **18**, nr. 1, ian 1964, p. 8—12, 7 fig., 1 tab., 7 ref. bibl.

CZ 621.317 TEHNICA MĂSURĂRILOR ELECTRICE. APARATE DE MĂSURĂ

CZ 621.317.333.6

Hübner, R. **Încercarea pe cale electronică a proprietăţilor lacurilor şi straturilor izolante.** În : Elektro — Anz. **17**, nr. 3, 29 ian 1964, p. 32—33, 2 fig.

CZ 621.317.34

Tihomandriţkaia, V. A. **Traductoare simetrice pentru studiul distribuţiei cîmpului în liniile coaxiale de măsurat.** În : Izmerit. tehnika, nr. 1, ian 1964, p. 45—47, 2 fig., 1 ref. bibl.

CZ 621.317.737.089.62

Potapov, M. P. şi *Jeltova, G. P.* **Coeficienţii de temperatură ai bobinelor pentru măsurarea factorului de calitate.** În : Izmerit. tehnika, nr. 1, ian 1964, p. 52—55, 2 fig., 1 tab.

CZ 621.318 APLICAŢII INDUSTRIALE ALE MAGNETISMULUI ŞI MAGNEŢILOR. ELECTROMAGNEŢI. BOBINE. RELEE

CZ 621.318.1

Braginski, A. **Proprietăţile feritelor de perminvar cu nichel şi zinc.** În : Przegl. Eletkron. **5**, nr. 1, ian 1964, p. 27—38, 10 fig. 1 tab., 12 ref. bibl.

CZ 621.318.25.001.24

Rahmer, K. **Calculul curbei de demagnetizare a magneţilor permanenţi cu secţiune variabilă.** În : Elektrotechn. Zeit. (ETZ-A) **85**, nr. 12, 12 iunie 1964, p. 372—375, 6 fig., 5 ref. bibl.

CZ 621.318.57

Voljin, S. N. **Comutator inelar cu relee fără conatete.** În : Priborostroenie, nr. 1, ian 1964, p. 11—14, 3 fig.

CZ 621.319 CONDENSATOARE

CZ 621.319.4:061.43(43—2.27),,1964"

Raabe, H. **Condensatoare de putere.** În : Elektrotechn. Zeit. (ETZ-B)**16**, nr. 13, 19 iunie 1964, p. 359—361, 2 fig.

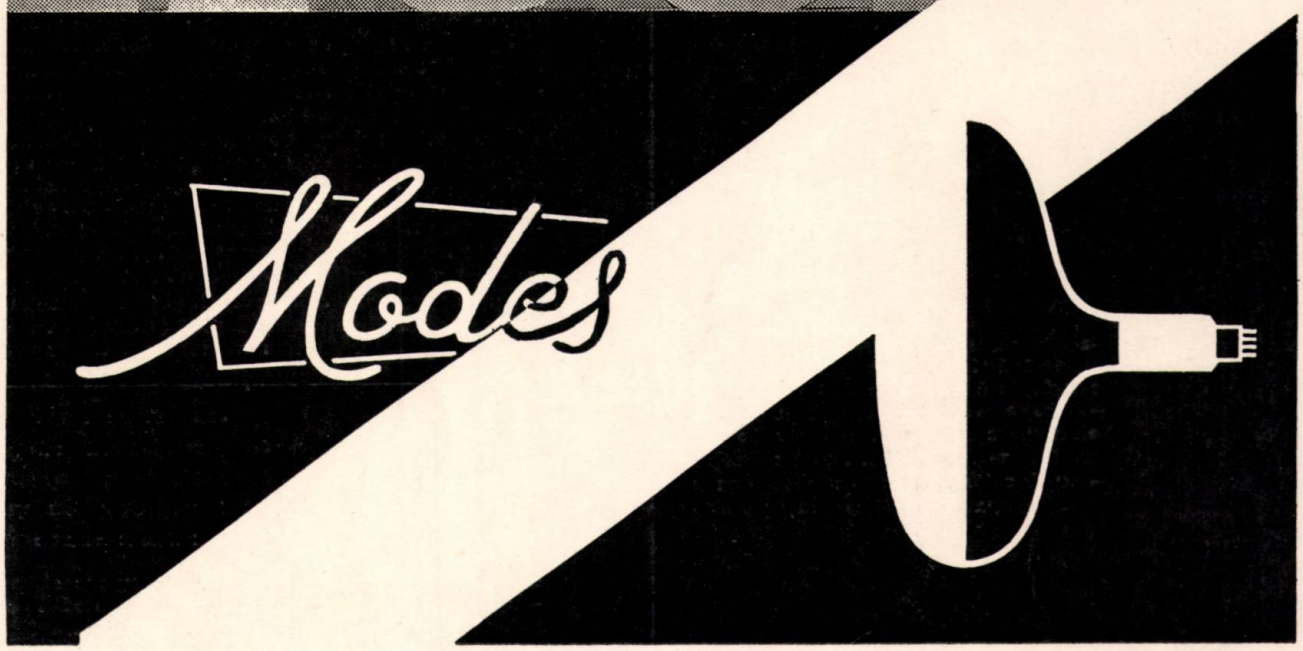
CZ 621.319.4.011.4

Cetin, I. **Capacitatea condensatoarelor neliniare în curent continuu, alternativ şi mixt.** În : Elektrotechn. Zeit. (ETZ-A) **85**, nr. 9, 1 mai 1964, p. 266—272, 5 fig., 30 ref. bibl.

MŰSZAKI KÖNYVTÁRES 1883

LEUCHT STOFFE

Kodes



SUBSTANȚE FLUORESCENTE

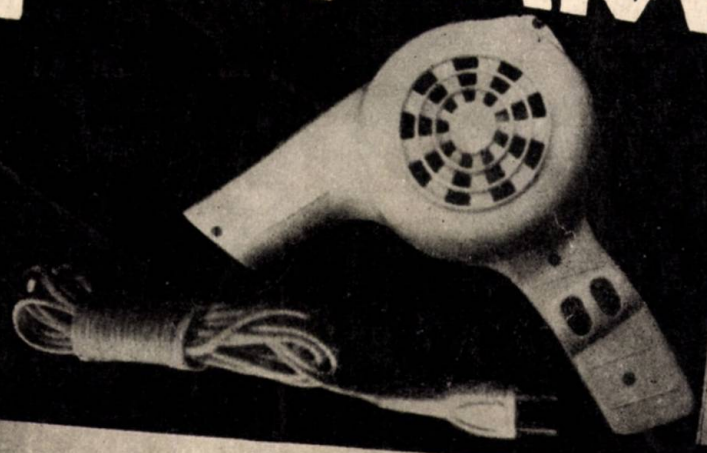
PENTRU:

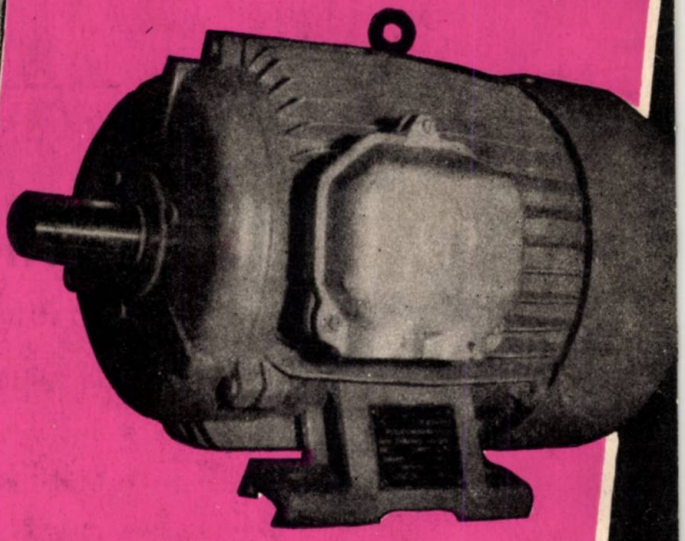
- Lămpi fluorescente de joasă tensiune
- Reclame luminoase
- Lămpi cu mercur, cu presiune înaltă
- Oscilografie și televiziune
- Tehnica Röntgen.

LWL

VEB Leuchtstoffwerk Bad Liebenstein
Band Liebenstein- Ernst-Thälmann-Strasse 12 — Postfach 35
REPUBLICA DEMOCRATĂ GERMANĂ

Întreprinderea ELECTROMOTOR TIMIȘOARA





Execută:

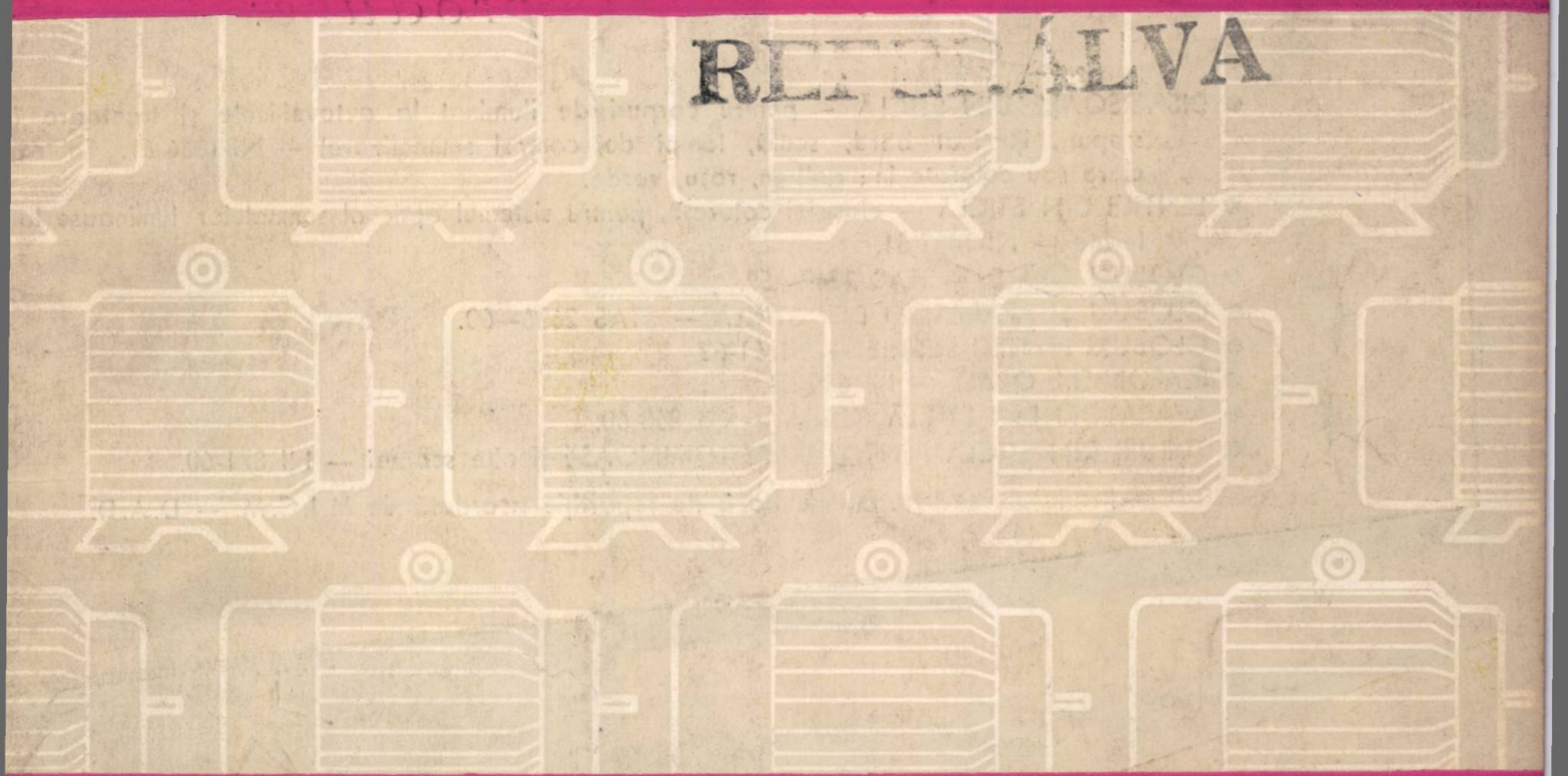
- **motoare electrice asincrone trifazate, cu rotorul în scurtcircuit, protecție IP 44, de 4—30 kW**
- **aspiratoare de praf tip „Record"**
- **uscătoare de păr tip „Zefir"**
- **ventilatoare de masă**

E 2040

R

ELECTROTEHNICA

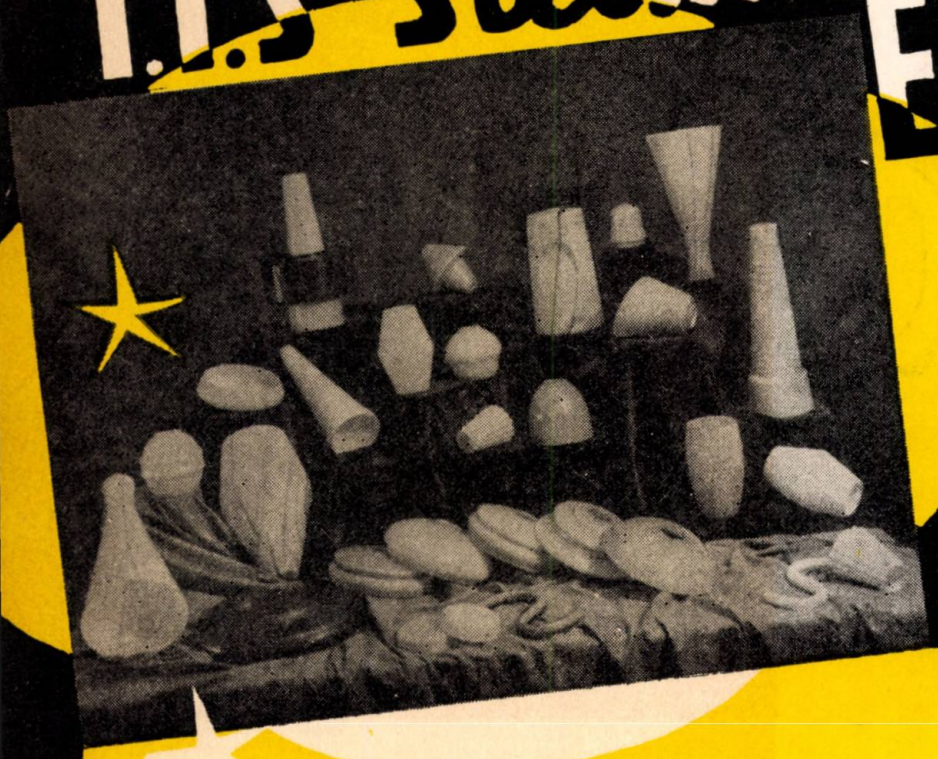
RE[illegible]ÁLVA



Electrotehnica • București • Anul 12 • nr. 10 • P. 361— 404 • octombrie 1964

10

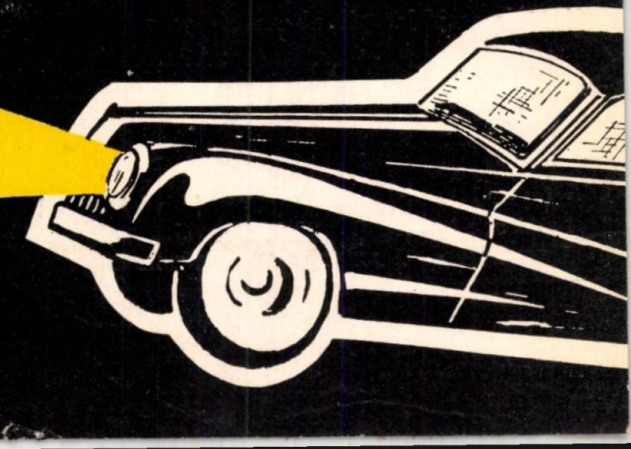
I.I.S Steaua Electrică FIENI



produce:

- DISPERSOARE DIN STICLĂ – pentru corpuri de iluminat la autovehicule și tractoare (f stopuri, iluminat bord, scală, lămpi de control semnalizare) — NI-1056-61. Se exe clare sau colorate în: galben, roșu, verde.
- LENTILE DIN STICLĂ — clare și colorate, pentru sistemul optic al semnalelor luminoase la ferate — NI-1063-61.
- GLOBURI OPALE — STAS 2249—59.
- GLOBURI ȘI APĂRĂTORI DIN STICLĂ — STAS 2636—60.
- GLOBURI PENTRU LUSTRE — NI 61-62
- PLAFONIERE OPALE — NI 685-58.
- APĂRĂTORI DIN STICLĂ CLARĂ — NI 868-60.
- TUBURI DIN STICLĂ PENTRU FIRME LUMINOASE și alte scopuri — NI 871-60.

Produsele se livrează pe bază de repartiție acordată de M.I.C.M. — D.A.D.



E 2040

MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1883

ELECTROTEHNICA

Anul 12 nr. 10 octombrie 1964

CUPRINS

CZ 621.313.32/33.017.39.001.24

Nicolaide, A. : **Pierderi suplimentare în rotoarele cu colivie ale maşinilor asincrone şi sincrone.**
Electrotehnica **12**, nr. 10, oct 1964, p. 361–368

După ce se arată felul cum apar pierderile suplimentare datorită curenţilor transversali dintre bară şi tole la coliviile motoarelor asincrone, se găseşte expresia matematică a acestor curenţi. Pe această bază se calculează pierderile suplimentare. Se arată şi felul cum se pot verifica experimental aceste pierderi.

CZ 621.313.333.2.042.13.001.24

Saviuc, V. : **Maşina asincronă cu rotor feromagnetic masiv.**
Electrotehnica **12**, nr. 10, oct 1964, p. 368–382

Se prezintă un studiu teoretic simplificat al maşinii asincrone cu rotor feromagnetic masiv neted, descriindu-se tipurile constructive şi arătîndu-se influenţa diferiţilor factori asupra caracteristicilor maşinii. Caracteristicile maşinii asincrone cu rotor masiv sînt comparate cu cele ale maşinii cu rotor normal, arătîndu-se particularităţile de funcţionare şi domeniile de utilizare a maşinii cu rotor masiv. Se arată problemele din teoria maşinii asincrone cu rotor feromagnetic masiv, care nu sînt rezolvate sau care necesită un studiu mai aprofundat.

CZ 621.315.616.96.048.81.002.3

Burdulea, C. : **Proprietăţile răşinilor epoxidice de turnare.**
Electrotehnica **12**, nr. 10, oct 1964, p. 383–392

Se prezintă principalele caracteristici ale răşinilor epoxidice de turnare utilizate la U.E.P.C. în scopuri electrotehnice.

CZ 621.315.624.4 : 621.315.612.6.003 :621.315.1.027.6/8

Mihăilescu, H. : **Despre eficienţa economică a fabricării şi folosirii în ţară, în liniile de înaltă tensiune, a izolatoarelor de suspensie cu capa din sticlă călită.**
Electrotehnica **12**, nr. 10, oct 1964, p. 392–400

După o scurtă introducere în care se expune stadiul realizării în ţară a primelor izolatoare din sticlă călită, se arată principalele avantaje ale folosirii acestor izolatoare la liniile de înaltă tensiune în locul celor din porţelan. Se face apoi analiza economică a efectelor avantajoase care se pot realiza prin fabricarea în ţară şi folosirea izolatoarelor din sticlă călită : scăderea costurilor de producţie, a costurilor de transport, eliberarea de capacităţi de transport, aport de valută din export etc.

RECENZII 401–402

REFERATE 402–403

CRONICĂ 403–404

SCURTE ŞTIRI 404

WACKER

Silicone

PENTRU
INDUSTRIA ELECTROTEHNICĂ

RĂȘINI SILICONICE

Răşinile siliconice sînt lacuri superioare, folosite pentru impregnare, ca lianţi şi lacuri arse.

Soluţiile de răşini siliconice sînt indispensabile în condiţii de umiditate ridicată a aerului şi încălzire neobişnuită a materialului izolant. Ele suportă temperaturi continue pînă la 180°C, cum şi treceri de la umed la uscat; structura izolaţiei cu silicon nu se schimbă, iar rezistenţa dielectrică la străpungere se menţine permanent.

Ca liant pentru materialele stabile la temperatură ridicată, răşinile siliconice s-au comportat bine. Materialele stratificate lipite cu silicon din mătase de sticlă, mică sau azbest au excelente calităţi termice şi electrice.

Lacurile de vopsit pe bază de silicon sînt stabile pînă la temperaturi permanente de 220°C. Ele sînt utilizate, printre altele, la lăcuirea aparatelor de încălzit şi au o duritate excelentă chiar în domeniul temperaturilor mai ridicate.

Vă stăm cu plăcere la dispoziţie cu sfaturi şi cu prospectele noastre.

WACKER

WACKER — CHEMIE GMBH
8 München 22, Postfach 1
REPUBLICA FEDERALĂ GERMANĂ

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.313.32/33.017.39.001.24

Николаиде, А.: **Дополнительные потери в роторах с беличьей клеткой асинхронных и синхронных машин.**

Electrotehnica *12*, № 10, окт. 1964 стр. 361–368

После указания способа возникновения дополнительных потерь вследствие поперечных токов между стержнями и пластинами беличьих клеток асинхронных двигателей, определяется математическое выражение данных токов. На этой основе исчисляются дополнительные потери. Указывается также способ проверки данных потерь посредством опыта.

ДК 621.313.333.2.042.13.001.24

Савюк, В.: **Асинхронная машина с массивным железомагнитным ротором.**

Electrotehnica *12*, № 10, окт. 1964 стр. 368–382

Приводится упрощённое теоретическое изучение асинхронной машины с гладким массивным железомагнитным ротором, дается описание конструктивных типов и и указывается влияние различных факторов на характеристики машин. Характеристики асинхронной машины с массивным ротором сравниваются с характеристиками машины с обычным ротором; при этом указываются рабочие свойства и области применения машины с массивным ротором. Приводятся задачи по теории асинхронной машины с массивным железомагнитным ротором, которые не были еще разрешены или требуют более подробного изучения.

ДК 621.315.616.96.048.81.002.3

Бурдуля, К.: **Свойства эпоксидных смол для литья.**

Electrotehnica *12*, № 10, окт. 1964, стр. 383–392

Приводятся основные характеристики эпоксидных смол, применяемых „U. E. P. C.“ в области электротехники.

ДК 621.315.624.4 :621.315.612.6.003 :621.315.1.027 6/8

Михайлеску, Х.: **К вопросу экономической эффективности производства и применения в стране в высоковольтных линиях подвесных изоляторов из закалённого стекла.**

Electrotehnica *12*, № 10, окт. 1964 стр. 392–400

После краткого введения, в котором излагается стадия осуществления в стране первых изоляторов из закалённого стекла, указываются основные преимущества применения данных изоляторов в высоковольтных линиях вместо фарфоровых. Затем приводится экономический анализ преимуществ достигаемых при изготовлении в стране и применении изоляторов из закалённого стекла: снижение производственной и транспортной стоимости, освобождение транспортных средств, приток валюты от производимого экспорта и т.д.

РЕЦЕНЗИИ 401–402

РЕФЕРАТЫ 402–403

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ 403–404

ХРОНИКА 404

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.313.32/33.017.39.001.24

Nicolaide, A.: **Zusätzliche Verluste in den Käfigläufern der Asynchron-und Synchron-maschinen.**

Electrotehnica *12*, H. 10, Okt. 1964, S. 361–368

Nach der Erklärung des Zustandekommens der zusätzlichen Verluste durch die Querströme zwischen Stab und Blech in den Käfigen der Asynchronmotoren, wird der mathematische Ausdruck dieser Ströme entwickelt.

Auf dieser Grundlage werden die zusätzlichen Verluste berechnet. Es wird die Art, wie diese Verluste durch Versuche kontrolliert werden können, angegeben.

DK 621.313.333.2.042.13.001.24

Saviuc, V.: **Die Synchronmaschine mit massivem Läufer aus magnetischen Eisen.**

Electrotehnica *12*, H. 10, Okt. 1964, S. 368–382

Es wird ein vereinfachtes theoretisches Studium der Asynchronmaschine mit glattem massivem Läufer aus magnetischem Eisen vorgelegt, unter Beschreibung der Konstruktionstypen und Angabe des Einflusses der verschiedenen Koeffizienten auf die Maschinencharakteristiken. Es werden die Charakteristiken der Maschinen mit volem Läufer mit deren der Maschinen mit normalen Läufer vergliechen, mit der Angabe der Betriebseigenschaften sowie des Verwendungsbereiches der Maschinen mit vollem Läufer. Es werden die Probleme aus der Theorie der Asynchronmaschine mit vollem Läufer aus magnetischem Eisen, die noch nicht gelöst oder einer Vertiefung bedürfen, angegeben.

DK 621.315.616.96.048.81.002.3

Burdulea, C.: **Die Eigenschaften der giessbaren epoxydischen Harze.**

Electrotehnica *12*, H. 10, Okt. 1964, S. 383–392

Es werden die Haupteigenschaften der giessbaren epoxydischen Harze die für elektrotechnische Zwecke verwendet werden, angegeben.

DK 621.315.624.4 :621.315.612.6.003 :621.315.1.027.6/8

Mihăilescu, H.: **Uber die Wirtschaftlichkeit der Herstellung und Verwendung in unserem Lande, für die Hochspannungsfreileitunge, der Hängeisolatoren mit Kappe aus gehärtetem Glas.**

Electrotehnica *12*, H. 10, Okt. 1964, S. 392–400

Nach einer kurzen Einführung in der das Stadium der Herstellung in unserem Lande der ersten Isolatoren aus gehärtetem Glas vorgelegt wird, werden die Hauptvorteile der Verwendung dieser Isolatoren für Hochspannungsfreileitungen an Stelle derjenigen aus Porzellan aufgezählt. Es wird nachher die Wirtschaftlichkeitsanalyse der Vorteile die durch die Herstellung und Verwendung in unserem Lande der Freileitungsisolatoren aus gehärtetem Glas entstehen vorgelegt, und zwar: Abnahme der Herstellung- und Transport-spesen, Entlastung der Transportfähigkeit, Einfuhr von fremder Währung durch den Ausfuhr, u.s.w.

BUCHBESPRECHUNGEN 401–402

REFERATE 402–403

CHRONIK 403–404

KURZE NACHRICHTEN 404

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.

Anul 12 nr. 10 București, octombrie 1964

J.616/65
LEFORDITVA

Pierderi suplimentare în rotoarele cu colivie ale mașinilor asincrone și sincrone

Andrei Nicolaide* — Brașov

CZ 621.313.32/33.017.39.001.24

Se constată de multe ori deosebiri simțitoare între curba cuplului ridicată experimental și cea obținută prin calcul la motoarele asincrone cu rotorul cu colivie. Aceste deosebiri se datoresc în mare măsură curenților care se închid de la o bară la alta prin tole (barele nefiind izolate).

În literatură au apărut unele lucrări [1], [2] care analizează efectul acestor curenți, care s-au denumit curenți transversali. Astfel acești curenți determină pierderi și cupluri parazite, scîntei între bare și tole [3] etc. În studiile care s-au elaborat pînă acum [1], [2] se folosesc scheme echivalente, care înlocuiesc sistemul bară-tole. De asemenea nu se ține cont de reacția armonicilor superioare.

În lucrarea de față se reia problema, stabilindu-se pierderile suplimentare în mod direct fără folosirea vreunei scheme echivalente bară-tole, ținîndu-se seamă și de reacția armonicilor superioare, în mod similar ca la motorul asincron idealizat, adică cu bare izolate [4].

Rezultatele obținute sînt aplicate apoi și la mașinile sincrone cu colivie de amortizare. Calculul se va dezvolta pentru cazul coliviei de mașină asincronă.

1. Ipoteze simplificatoare

Se admit următoarele ipoteze simplificatoare, aceleași ca în [1] și [2]:

1. Impedanța dintre două bare vecine este aproximativ egală cu rezistența contactului dintre bare și tole. Contactul dintre bare și tole are rezistență specifică constantă în tot lungul barei.

2. Tolele sînt izolate între ele în direcția paralelă cu barele.

3. Rezistența de contact dintre bare și tole este mult mai mare decît impedanța segmentelor inelelor frontale de conexiune.

4. Colivia se consideră sub acțiunea unui cîmp învîrtitor sinusoidal.

5. Se admite o repartiție sinusoidală a curenților în bare.

6. Se consideră că rotorul nu are crestăturile de tip închis. Calculele se vor efectua mai jos pentru o armonică oarecare, deci în cazul general.

Ipotezele 1 și 3 s-au verificat experimental [2].

2. Ecuațiile diferențiale ale curenților din barele neizolate ale rotorului

Curenții din bare și curenții din tole sînt indicați în figura 1.

Legea inducției electromagnetice aplicată conturului $ABCD$ dă:

$$\Delta \dot{U}_e = \dot{I}_{n-1}(y)\,\dot{Z}_l\,\Delta y + \dot{I}_{qn}(y+\Delta y)\,\Delta y\,\frac{\dot{Z}_q}{\Delta y} - \dot{I}_n(y)\,\dot{Z}_l\,\Delta y - \dot{I}_{qn}(y)\,\Delta y\,\frac{\dot{Z}_q}{\Delta y}. \qquad (1)$$

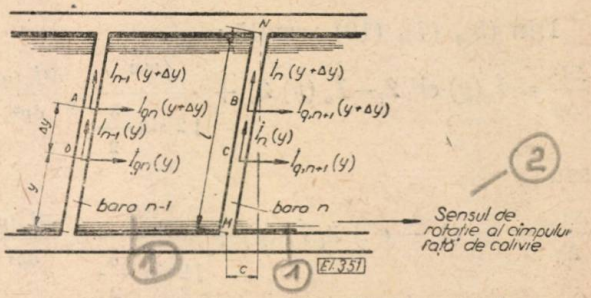


Fig. 1. Notația curenților din bare și tole.

* Cd. șt. tehn. ing. *A. Nicolaide* este conferențiar la Institutul politehnic din Brașov.

S-a notat cu $\Delta\dot{U}_e$ t.e.m. indusă de cîmpul exterior; de cîmpul de reacţie şi de fluxul scăpărilor diferenţiale se ţine seamă înglobînd în $\dot{Z}_l$ reactanţa utilă şi reactanţa scăpărilor diferenţiale pe unitatea de lungime. Aceste reactanţe se calculează, ţinînd seamă de înclinarea barelor, după [4].

Prima teoremă a lui Kirchhoff aplicată pentru nodul B dă:

$$\dot{I}_{qn}(y+\Delta y)\,\Delta y + \dot{I}_n(y) = \dot{I}_n(y+\Delta y) + \dot{I}_{q,n+1}(y+\Delta y)\,\Delta y. \tag{2}$$

Ecuaţia (1) dă:

$$\Delta\dot{U}_e = \dot{I}_{n-1}(y)\,\dot{Z}_l\,\Delta y - \dot{I}_n(y)\,\dot{Z}_l\,\Delta y + \dot{I}_{qn}(y+\Delta y)\,\dot{Z}_q - \dot{I}_{qn}(y)\,\dot{Z}_q. \tag{3}$$

Din ecuaţia (2) rezultă:

$$\dot{I}_{qn}(y)\,\Delta y + \frac{\mathrm{d}\dot{I}_{qn}}{\mathrm{d}y}(\Delta y)^2 + \dot{I}_n(y) = \dot{I}_n(y) + \frac{\mathrm{d}\dot{I}_n}{\mathrm{d}y}\Delta y + \dot{I}_{q,n+1}(y)\,\Delta y + \frac{\mathrm{d}\dot{I}_{q,n+1}}{\mathrm{d}y}(\Delta y)^2.$$

Deci:

$$\dot{I}_{qn}(y) = \dot{I}_{q,n+1}(y) + \frac{\mathrm{d}\dot{I}_n}{\mathrm{d}y}, \tag{4}$$

$$\frac{\Delta\dot{U}_e}{\Delta y} = \dot{I}_{n-1}(y)\,\dot{Z}_l - \dot{I}_n(y)\,\dot{Z}_l + \frac{\mathrm{d}\dot{I}_{qn}(y)}{\mathrm{d}y}\,\dot{Z}_q. \tag{5}$$

Datorită repartiţiei sinusoidale a curenţilor în bare se poate scrie:

$$\dot{I}_{q,n+1}(y) = \dot{I}_{qn}(y)\,\mathrm{e}^{-\mathrm{j}\delta}, \tag{6}$$

$$\dot{I}_{n-1}(y) = \dot{I}_n(y)\,\mathrm{e}^{\mathrm{j}\delta}. \tag{7}$$

Din (4), (6), (7) rezultă:

$$(1-\mathrm{e}^{-\mathrm{j}\delta})\,\dot{I}_{qn} = \frac{\mathrm{d}\dot{I}_n}{\mathrm{d}y}, \tag{8}$$

dar

$$1-\mathrm{e}^{-\mathrm{j}\delta} = \mathrm{j}2\sin\frac{\delta}{2}\,\mathrm{e}^{-\mathrm{j}\delta/2}; \tag{9}$$

deci relaţia (8) se poate pune sub forma:

$$\frac{\mathrm{d}\dot{I}_n}{\mathrm{d}y} = \mathrm{j}2\sin\frac{\delta}{2}\,\mathrm{e}^{-\mathrm{j}\delta/2}\cdot\dot{I}_{qn}. \tag{10}$$

Din (5), (7), (10) rezultă:

$$\frac{\Delta\dot{U}_e}{\Delta y} = \dot{I}_n(y)\,\mathrm{e}^{\mathrm{j}\delta}\,\dot{Z}_l - \dot{I}_n(y)\,\dot{Z}_l + \frac{\mathrm{e}^{\mathrm{j}\delta/2}}{\mathrm{j}2\sin\frac{\delta}{2}}\,\dot{Z}_q\frac{\mathrm{d}^2\dot{I}_n(y)}{\mathrm{d}y^2}$$

sau

$$\frac{\Delta\dot{U}_e}{\Delta y} = -(1-\mathrm{e}^{\mathrm{j}\delta})\,\dot{Z}_l\,\dot{I}_n(y) + \frac{\mathrm{e}^{\mathrm{j}\delta/2}}{\mathrm{j}2\sin\frac{\delta}{2}}\,\dot{Z}_q\frac{\mathrm{d}^2\dot{I}_n(y)}{\mathrm{d}y^2}. \tag{11}$$

Dar

$$1-\mathrm{e}^{\mathrm{j}\delta} = -\,\mathrm{j}\,2\sin\frac{\delta}{2}\,\mathrm{e}^{\mathrm{j}\delta/2}. \tag{12}$$

Deci relaţia (11) devine:

$$\frac{\Delta\dot{U}_e}{\Delta y}\cdot\frac{1}{\mathrm{j}\,2\sin\frac{\delta}{2}}\cdot\frac{1}{\mathrm{e}^{\mathrm{j}\delta/2}} = \dot{Z}_l\dot{I}_n(y) - \dot{Z}_{q0}\frac{\mathrm{d}^2\dot{I}_n(y)}{\mathrm{d}y^2}, \tag{13}$$

unde:

$$\dot{Z}_{q0} = \frac{\dot{Z}_q}{4\sin^2\frac{\delta}{2}}. \tag{14}$$

T.e.m. indusă în circuitul $ABCD$ de cîmpul învîrtitor este [5]:

$$\dot{U}_{e\Gamma} = \Delta\dot{U}_e = \dot{U}_{eDA} + \dot{U}_{eAB} + \dot{U}_{eBC} + \dot{U}_{eCD},$$

$$u_{e\Gamma} = -\int_{\Sigma_\Gamma}\frac{\partial\bar{B}}{\partial t}\cdot\mathrm{d}\bar{A} - \oint_\Gamma(\bar{B}\times\bar{v})\cdot\mathrm{d}\bar{l}\cdot \tag{15}$$

Dar

$$\frac{\partial\bar{B}}{\partial t} = 0,$$

şi deci:

$$u_{e\Gamma} = -\oint_\Gamma(\bar{B}\times\bar{v})\cdot\mathrm{d}\bar{l} = -\left[\int_D^A(\bar{B}_{n-1}\times\bar{v})\cdot\mathrm{d}\bar{l} + \int_B^C(\bar{B}_n\times\bar{v})\cdot\mathrm{d}\bar{l}\right].$$

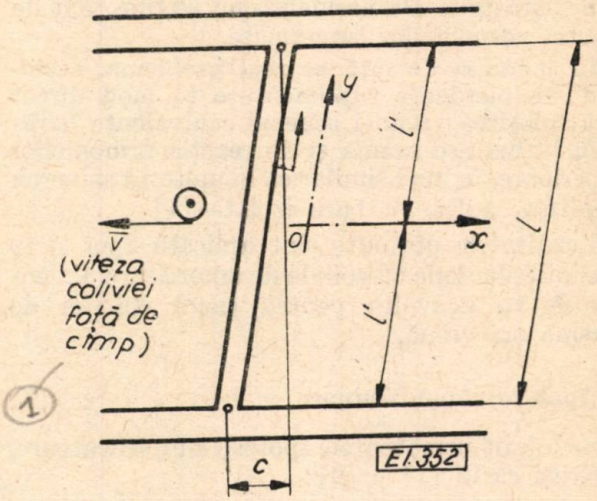


Fig. 2. Sistemul de coordonate, viteza relativă a coliviei faţă de cîmpul învîrtitor şi notaţiile cotelor pentru o bară înclinată.

Pentru $y = 0$:

$$u_{e\Gamma} = B_{n-1}v\Delta y - B_n v\Delta y$$

sau în complex:

$$\Delta\dot{U}_e = \dot{U}_{e\Gamma} = (\dot{B}_{n-1} - \dot{B}_n)v\Delta y. \tag{16}$$

Dar

$$\dot{B}_n = \dot{B}_{n-1}\, e^{-j\delta},$$

deci:

$$\Delta \dot{U}_e = -(1 - e^{j\delta})\, \dot{B}_n\, v\, \Delta y = j\, 2 \sin \frac{\delta}{2} e^{j\delta/2} v \dot{B}_n \Delta y$$

sau

$$\frac{\Delta \dot{U}_e}{\Delta y} \cdot \frac{1}{j\, 2 \sin \frac{\delta}{2}} \cdot e^{-j\delta/2} = v \dot{B}_n . \qquad (17)$$

Avînd în vedere că pentru armonica ν:

$$v = \frac{s_\nu \omega}{\nu p} \cdot \frac{2p\tau}{2\pi} = \omega_\nu \frac{\tau}{\nu\pi},$$

rezultă:

$$v \dot{B}_{n\nu} = \frac{\omega_\nu}{\pi} \tau_\nu \dot{B}_{n\nu}.$$

Pentru y oarecare, atît pentru $y > 0$, cît și pentru $y < 0$, avem $\dot{B}_{n\nu}(y) = \dot{B}_{n\nu}\, e^{-ja_\nu y}$, unde:

$$a_\nu y = \frac{\nu\pi}{\tau} \cdot \frac{c}{l} y,$$

deci:

$$a_\nu = \frac{\pi}{\tau_\nu} \cdot \frac{c}{l}, \qquad (18)$$

Cotele c și l sînt indicate în figura 2.

Deci:

$$\frac{\Delta \dot{U}_e}{\Delta y} \cdot \frac{1}{2\, j \sin \frac{\delta}{2}} \cdot e^{-j\delta/2} = \frac{\omega_\nu}{\pi} \tau_\nu \dot{B}_{n\nu}\, e^{-ja_\nu y} . \qquad (19)$$

Se va nota;

$$v\, \dot{B}_{n\nu} = \frac{\omega_\nu}{\pi}\, \tau_\nu\, \dot{B}_{n\nu} = \dot{E}_{l\nu} . \qquad (20)$$

Din (13), (19), (20) rezultă, renunțînd pentru simplitate la indicele ν:

$$-\dot{Z}_{q0} \frac{d^2 \dot{I}_n}{dy^2} + \dot{Z}_l \dot{I}_n = \dot{E}_l\, e^{-jay} . \qquad (21)$$

Ecuația (21) este ecuația diferențială a curenților din bare.

Calculul t.e.m. E_l este indicat în anexa 1.

3. Condițiile la limite

Condițiile la limite rezultă din aceea că tensiunea electrică dintre capetele a două bare vecine trebuie să fie aceeași, fie că se merge de la o bară la alta în lungul tolei marginale, fie în lungul segmentului inelului de conexiune.

Curentul în segmentele inelelor de conexiune frontale este $\dot{I}_{fn}$. Notăm:

$$l = 2l'.$$

Pentru $y = l'$ aplicînd prima teoremă a lui Kirchhoff pentru nodul N se obține:

$$\dot{I}_{fn} + \dot{I}_n = \dot{I}_{f,n+1}\, (y = l').$$

Dar în baza ipotezei repartiției sinusoidale a curenților în bare:

$$\dot{I}_{f,n+1} = \dot{I}_{fn}\, e^{-j\delta},$$

deci:

$$(1 - e^{-j\delta})\, \dot{I}_{fn} = -\dot{I}_n,$$

de unde rezultă:

$$\dot{I}_{fn}\Big|_{y=l'} = j \frac{e^{j\delta/2}}{2 \sin \frac{\delta}{2}} \dot{I}_n \Big|_{y=l'} \qquad (22)$$

În mod analog, aplicînd teorema întîi a lui Kirchhoff pentru nodul M, se obține:

$$\dot{I}_{fn}\Big|_{y=-l'} = -j \frac{e^{j\delta/2}}{2 \sin \frac{\delta}{2}} \dot{I}_n \Big|_{y=-l'} \qquad (23)$$

Condițiile la limite sînt:

$$\dot{Z}_f \dot{I}_{fn}\Big|_{y=l'} = \dot{Z}_q \dot{I}_{qn}\Big|_{y=l'}, \qquad (24)$$

$$\dot{Z}_f \dot{I}_{fn}\Big|_{y=-l'} = \dot{Z}_q \dot{I}_{qn}\Big|_{y=-l'}. \qquad (25)$$

4. Soluția ecuației diferențiale a curenților

Soluția ecuației diferențiale (21) este:

$$\dot{I}_n = \dot{A} \operatorname{ch} \dot{\gamma} y + \dot{B} \operatorname{sh} \dot{\gamma} y + \dot{M}\, e^{-jay}. \qquad (26)$$

S-a notat:

$$\dot{\gamma} = \sqrt{\dot{Z}_l / \dot{Z}_{q0}}. \qquad (27)$$

Ultimul termen al expresiei (26) reprezintă soluția particulară și avem:

$$\dot{M} = \frac{\dot{E}_l}{\dot{Z}_l + a^2 \dot{Z}_{q0}}. \qquad (28)$$

Din condițiile la limite rezultă:

$$-\dot{Z}_{f0} [\dot{A} \operatorname{ch} \dot{\gamma} l' + \dot{B} \operatorname{sh} \dot{\gamma} l' + \dot{M}\, e^{-jal'}] =$$

$$= \dot{\gamma}\, \dot{Z}_{q0} [\dot{A} \operatorname{sh} \dot{\gamma} l' + \dot{B} \operatorname{ch} \dot{\gamma} l' - j \frac{a}{\dot{\gamma}} \dot{M}\, e^{-jal'}], \qquad (29)$$

$$\dot{Z}_{f0} [\dot{A} \operatorname{ch} \dot{\gamma} l' - \dot{B} \operatorname{sh} \dot{\gamma} l' + \dot{M}\, e^{jal'}] =$$

$$= \dot{\gamma}\, \dot{Z}_{q0} [-\dot{A} \operatorname{sh} \dot{\gamma} l' + \dot{B} \operatorname{ch} \dot{\gamma} l' - j \frac{a}{\dot{\gamma}} \dot{M}\, e^{jal'}], \qquad (30)$$

unde s-a notat:

$$\dot{Z}_{f0} = \frac{\dot{Z}_f}{4 \sin^2 \frac{\delta}{2}}. \qquad (31)$$

Ecuațiile (29), (30) se pot pune sub forma:

$$\left(\frac{\dot{Z}_{f0}}{\dot{Z}_{q0}}\operatorname{ch}\dot{\gamma}l' + \dot{\gamma}\operatorname{sh}\dot{\gamma}l'\right)\dot{A} + \left(\frac{\dot{Z}_{f0}}{\dot{Z}_{q0}}\operatorname{sh}\dot{\gamma}l' + \dot{\gamma}\operatorname{ch}\dot{\gamma}l'\right)\dot{B} = \left(\mathrm{j}a - \frac{\dot{Z}_{f0}}{\dot{Z}_{q0}}\right)\dot{M}\,\mathrm{e}^{-\mathrm{j}al'}, \quad (32)$$

$$-\left(\frac{\dot{Z}_{f0}}{\dot{Z}_{q0}}\operatorname{ch}\dot{\gamma}l' + \dot{\gamma}\operatorname{sh}\dot{\gamma}l'\right)\dot{A} + \left(\frac{\dot{Z}_{f0}}{\dot{Z}_{q0}}\operatorname{sh}\dot{\gamma}l' + \dot{\gamma}\operatorname{ch}\dot{\gamma}l'\right)\dot{B} = \left(\mathrm{j}a + \frac{\dot{Z}_{f0}}{\dot{Z}_{q0}}\right)\dot{M}\,\mathrm{e}^{\mathrm{j}al'}. \quad (33)$$

Înlocuind în expresia (26) pe $\dot{A}$ și $\dot{B}$ obținuți din sistemul (32), (33), rezultă expresia curentului $\dot{I}_n(y)$.

Dacă $$\frac{Z_{f0}}{Z_{q0}} \ll \gamma \text{ și } \frac{Z_{f0}}{Z_{q0}} \ll a,$$

atunci sistemul ecuațiilor (32), (33), făcînd neglijările corespunzătoare, devine:

$$\dot{\gamma}\operatorname{sh}\dot{\gamma}l'\,\dot{A} + \dot{\gamma}\operatorname{ch}\dot{\gamma}l'\,\dot{B} = \mathrm{j}a\,\dot{M}\,\mathrm{e}^{-\mathrm{j}al'}, \quad (34)$$

$$-\dot{\gamma}\operatorname{sh}\dot{\gamma}l'\dot{A} + \dot{\gamma}\operatorname{ch}\dot{\gamma}l'\,\dot{B} = \mathrm{j}a\,\dot{M}\,\mathrm{e}^{\mathrm{j}al'}. \quad (35)$$

Din sistemul ecuațiilor (34), (35) se obține:

$$\dot{A} = a\frac{\dot{M}}{\dot{\gamma}}\cdot\frac{\sin al'}{\operatorname{sh}\dot{\gamma}l'}, \quad (36)$$

$$\dot{B} = \mathrm{j}a\frac{\dot{M}}{\dot{\gamma}}\cdot\frac{\cos al'}{\operatorname{ch}\dot{\gamma}l'}. \quad (37)$$

Înlocuind în expresia (26) pe $\dot{A}$ și $\dot{B}$ obținuți din expresiile (36), (37), expresia curentului se poate pune sub forma:

$$\dot{I}_n = (\dot{D}\,\mathrm{e}^{\dot{\gamma}y} + \dot{F}\,\mathrm{e}^{-\dot{\gamma}y} + \mathrm{e}^{-\mathrm{j}ay})\,\dot{M}, \quad (38)$$

unde:

$$\dot{D} = \frac{1}{2}\cdot\frac{a}{\dot{\gamma}}\left(\frac{\sin al'}{\operatorname{sh}\dot{\gamma}l'} + \mathrm{j}\frac{\cos al'}{\operatorname{ch}\dot{\gamma}l'}\right) = -\mathrm{j}\frac{1}{2}\cdot\frac{a}{\dot{\gamma}}\cdot\frac{\operatorname{sh}(\mathrm{j}a - \dot{\gamma})l'}{\operatorname{sh}\dot{\gamma}l'\operatorname{ch}\dot{\gamma}l'}, \quad (39)$$

$$\dot{F} = \frac{1}{2}\cdot\frac{a}{\dot{\gamma}}\left(\frac{\sin al'}{\operatorname{sh}\dot{\gamma}l'} - \mathrm{j}\frac{\cos al'}{\operatorname{ch}\dot{\gamma}l'}\right) = -\mathrm{j}\frac{1}{2}\cdot\frac{a}{\dot{\gamma}}\cdot\frac{\operatorname{sh}(\mathrm{j}a + \dot{\gamma})l'}{\operatorname{sh}\dot{\gamma}l'\operatorname{ch}\dot{\gamma}l'}. \quad (40)$$

Fenomenul de apariție a curenților transversali numai în cazul crestăturilor înclinate se poate explica relativ simplu după cum se indică mai jos. Se va presupune inițial că impedanța transversală Z_q este infinită.

Se va considera un punct oarecare T de coordonată y pe bara n. T.e.m. indusă de cîmpul învîrtitor în bara n este:

$$\dot{E}_{MN} = \int_{-l'}^{l'} \dot{E}_{ln}\,\mathrm{e}^{-\mathrm{j}ay}\,\mathrm{d}y,$$

iar t.e.m. indusă de același cîmp pe porțiunea MT a aceleiași bare este:

$$\dot{E}_{MT} = \int_{-l'}^{y} \dot{E}_{ln}\,\mathrm{e}^{-\mathrm{j}ay}\,\mathrm{d}y.$$

Pentru bara n se poate scrie relația:

$$\dot{V}_M - \dot{V}_N = \left(\dot{E}_{ln}\frac{\sin al'}{al'} - \dot{Z}_l\dot{I}_n\right)l.$$

Însumînd aceste ecuații membru cu membru și ținînd seamă că $\sum_n \dot{I}_n = 0$ și $\sum_n \dot{E}_{ln} = 0$, rezultă:

$$\dot{V}_M - \dot{V}_N = 0.$$

Dacă barele sînt drepte se poate scrie:

$$0 = (\dot{E}_{ln} - \dot{Z}_l\,\dot{I}_n)\,l,$$

iar pentru porțiunea MT:

$$\dot{V}_M - \dot{V}_T = (\dot{E}_{ln} - \dot{Z}_l\,\dot{I}_n)\,|\overline{MT}|.$$

Comparînd ultimele două ecuații se obține:

$$\dot{V}_M - \dot{V}_T = 0.$$

Rezultă că, în cazul coliviei cu bare drepte, punctele barelor sînt la același potențial și deci nu poate exista curent transversal, chiar atunci cînd rezistența transversală nu ar fi infinită.

În cazul coliviei cu bare înclinate $\dot{E}_{MN}$ și $\dot{E}_{MT}$, după cum se poate arăta ușor, nu sînt în fază. Curentul $\dot{I}_n$ este în fază cu $\dot{E}_{MN}$, dar nu și cu $\dot{E}_{MT}$. Urmează că tensiunea $\dot{V}_M - \dot{V}_T$ este diferită de zero și depinde de numărul de ordine al barei considerate. Deci în cazul coliviei cu bare înclinate, dacă impedanța transversală Z_q nu ar fi infinită, poate exista curent transversal între barele vecine

5. Calculul pierderilor prin efect termic

Cunoscînd curenții se pot calcula pierderile. Dacă se notează cu Z_2 numărul de bare ale coliviei rotorului, expresia pierderilor în rotor prin efect termic este:

$$P_2 = \operatorname{Re} Z_2\left[\int_{-l'}^{l'} \dot{Z}_l I_n^2\,\mathrm{d}y + \int_{-l'}^{l'} \dot{Z}_q I_{qn}^2\,\mathrm{d}y + \dot{Z}_f I_{fn}^2\big|_{y=l'} + \dot{Z}_f I_{fn}^2\big|_{y=-l'}\right]. \quad (41)$$

Al doilea termen din relația (41) dă, ținînd seamă de relația (10):

$$\int_{-l'}^{l'} \dot{Z}_q I_{qn}^2 \, dy = \int_{-l'}^{l'} \dot{Z}_{q0} \left(\frac{dI_n}{dy}\right)^2 dy = \left[\dot{Z}_{q0} \dot{I}_n^* \frac{d\dot{I}_n}{dy}\right]_{-l'}^{l'} -$$

$$- \int_{-l'}^{l'} \dot{Z}_{q0} \dot{I}_n^* \frac{d^2 \dot{I}_n}{dy^2} dy = \dot{Z}_{q0} \dot{I}_n^* \frac{d\dot{I}_n}{dy}\bigg|_{y=l'} -$$

$$- \dot{Z}_{q0} \dot{I}_n^* \frac{d\dot{I}_n}{dy}\bigg|_{y=-l'} - \int_{-l'}^{l'} \dot{Z}_{q0} \dot{I}_n^* \frac{d^2 \dot{I}_n}{dy^2} dy. \quad (42)$$

Ținînd seamă de relațiile (10), (14), (22) și (24) rezultă pentru $y = l'$:

$$\dot{Z}_{q0} \dot{I}_n^* \frac{d\dot{I}_n}{dy} = - \dot{Z}_q \dot{I}_{qn} \dot{I}_{fn}^* = - \dot{Z}_f \dot{I}_{fn} \dot{I}_{fn}^* = - \dot{Z}_f I_{fn}^2 \Big|_{y=l'}$$

și analog pentru $y = -l'$:

$$\dot{Z}_{q0} \dot{I}_n^* \frac{d\dot{I}_n}{dy} = \dot{Z}_f I_{fn}^2 \Big|_{y=-l'}.$$

Deci:

$$\int_{-l}^{l'} \dot{Z}_q I_{qn}^2 \, dy = - \dot{Z}_f I_{fn}^2 \Big|_{y=l'} - \dot{Z}_f I_{fn}^2 \Big|_{y=-l'} -$$

$$- \int_{-l'}^{l'} \dot{Z}_{q0} \dot{I}_n^* \frac{d^2 \dot{I}_n}{dy^2} dy. \quad (43)$$

Ținînd seamă de relația (43) și ecuația (21), relația (41) dă:

$$\dot{S}_2 = Z_2 \int_{-l'}^{l'} \left[\dot{Z}_l \dot{I}_n - \dot{Z}_{q0} \frac{d^2 \dot{I}_n}{dy^2}\right] \dot{I}_n^* \, dy =$$

$$= Z_2 \int_{-l'}^{l'} \dot{E}_l \, e^{-j\alpha\nu} \dot{I}_n^* \, dy. \quad (44)$$

Deci se poate scrie:

$$P_2 = Z_2 \, \mathrm{Re} \int_{-l'}^{l'} \dot{E}_l^* \, e^{j\alpha\nu} \dot{I}_n \, dy = \mathrm{Re} \dot{S}^*. \quad (45)$$

Înlocuind în expresia (45) pe $\dot{I}_n$ dat de expresia (38) după efectuarea calculelor și introducerea indicelui ν, pentru a pune în evidență ordinul armonicii, se obține:

$$P_{2\nu} = Z_2 E_{l\nu}^2 \, \mathrm{Re} \left[\frac{2a_\nu^2 (\mathrm{ch} \, \dot{\gamma}_\nu l - \cos a_\nu l)}{\dot{\beta}_\nu^4 \dot{\gamma}_\nu \dot{Z}_{q\nu 0} \, \mathrm{sh} \, \dot{\gamma}_\nu l} + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{\dot{\beta}_\nu^2 \dot{Z}_{q\nu 0}} l\right], \quad (46)$$

unde:

$$\dot{\beta}_\nu = \sqrt{a_\nu^2 + \dot{\gamma}_\nu^2}, \quad (47)$$

$$\dot{\gamma}_\nu = \sqrt{\dot{Z}_{l\nu} / \dot{Z}_{q\nu 0}}. \quad (48)$$

Deoarece:

$$P_{2\nu} = \mathrm{Re} \frac{Z_2 l^2 E_{l\nu}^2}{\dot{Z}_{bq\nu}/s_\nu},$$

rezultă:

$$\frac{1}{\dot{Z}_{bq\nu}/s_\nu} = \frac{2a_\nu^2 (\mathrm{ch} \, \dot{\gamma}_\nu l - \cos a_\nu l)}{l^2 \dot{\beta}_\nu^4 \dot{\gamma}_\nu \dot{Z}_{q\nu 0} \, \mathrm{sh} \, \dot{\gamma}_\nu l} + \frac{1}{l \dot{\beta}_\nu^2 \dot{Z}_{q\nu 0}}.$$

Impedanța $\dot{Z}_{bq\nu}$ este impedanța totală corespunzătoare unei bare a rotorului, luîndu-se în considerare și efectul curenților transversali. Impedanței $\dot{Z}_{bq\nu}$ îi corespunde, după înmulțirea cu factorul de raportare, impedanța $\dot{Z}_{2q\nu}$. Impedanța de dispersie raportată va fi $\dot{Z}_{2q\nu} - jx_{m\nu}$. Rezultă schema echivalentă cunoscută a mașinii asincrone, cînd se iau în considerare armonicile superioare, cu observația că în loc de $\dot{z}_2$ de la mașina idealizată [6], [7], adică cu barele izolate de tole, se introduce în schemă $\dot{z}_2(s_\nu) = \dot{Z}_{2q\nu} - jx_{m\nu}$.

Cuplurile parazite, fără a se lua în considerare reacția, sînt date de relația:

$$M_\nu = \frac{P_{2\nu}}{s_\nu \frac{\omega}{\nu p}}.$$

Calculul cuplurilor parazite, luînd în considerare reacția, se poate face ca și în cazul cînd barele ar fi izolate, utilizînd schema echivalentă din figura 3 [4].

1. Cazul $\gamma_\nu l \ll 1$, adică pentru valori mari ale lui r_q.

În acest caz:

$$\mathrm{ch} \, \gamma_\nu l \approx 1; \; \mathrm{sh} \, \gamma_\nu l \approx \gamma_\nu l; \quad (49)$$

$$\beta_\nu^2 = a_\nu^2 + \gamma_\nu^2 \approx a_\nu^2;$$

$$\gamma_\nu^2 = \frac{Z_{l\nu}}{Z_{q\nu}} \ll a_\nu^2;$$

deci:

$$P_{2\nu} = Z_2 E_{l\nu}^2 \, \mathrm{Re} \left[\frac{l}{Z_{l\nu}} \left(\frac{\sin \frac{a_\nu l}{2}}{\frac{a_\nu l}{2}}\right)^2 + \frac{l}{a_\nu^2 \dot{Z}_{q\nu 0}}\right]. \quad (50)$$

2. Cazul $\gamma_\nu l \gg 1$, adică pentru valori mici ale lui r_q.

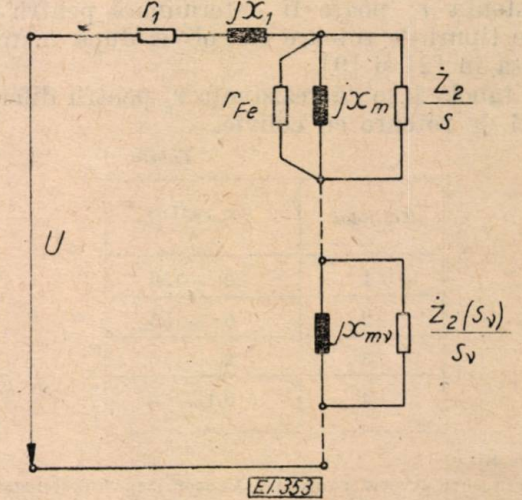


Fig. 3. Schema echivalentă a motorului asincron pentru armonica ν.

În acest caz:

$$\operatorname{ch}\gamma_\nu l \approx \operatorname{sh}\gamma_\nu l \gg \cos a_\nu l;\quad \frac{a_\nu}{\gamma_\nu} \ll 1;$$

deci:

$$P_{2\nu} = Z_2 E_{l\nu}^2 \operatorname{Re}\left[\frac{1}{\dot{Z}_{l\nu}} l - \dot{Z}_{q\nu 0}\frac{a_\nu^2}{\dot{Z}_{l\nu}^2} l\right]. \quad (51)$$

Curba care reprezintă variația pierderilor prin efect termic în funcție de rezistența de contact dintre bare și tole are aspectul indicat în figura 4 [2]. Curbele *1* și *2* reprezintă variația pierderilor $P_{2\nu}$ în funcție de r_q, după relațiile aproximative (50) și (51), iar curba *3* corespunde expresiei (46).

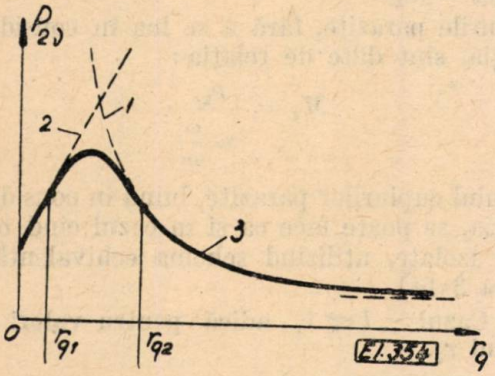


Fig. 4. Variația pierderilor prin efect termic în funcție de rezistența transversală:
1 – după relația (50); *2* – după relația (51); *3* – (linie plină) după relația (46).

Pierderile suplimentare se pot determina experimental cu metodele date în literatură [2], [8]. Concordanța satisfăcătoare dintre rezultatele care se obțin prin calcul și rezultatele încercărilor experimentale este confirmată de rezultatele încercărilor date în [2].

Impedanța dintre două bare vecine se poate considera, după cum arată încercările experimentale [2], ca fiind egală aproximativ cu rezistența ohmică de contact dintre bare și tole. Rezistența r_q poate fi determinată pentru diferite tipuri de rotoare cu colivie după metoda expusă în [2] și [9].

În tabela 1 se dă rezistența r_q pentru diferite tipuri de rotoare cu colivie.

Tabela 1

Tip rotor	r_q, mΩcm
1	20 – 150
2	5 – 25
3	2 – 10
4	0,1 – 5

Observații:
1. Rotor cu colivie de cupru sau alamă, cu joc normal între bară și crestătură.
2. Rotor cu colivie de cupru sau alamă, cu joc foarte mic între bară și crestătură.
3. Rotor cu colivie de aluminiu turnat, cu crestături închise.
4. Rotor cu colivie de aluminiu turnat, cu crestături deschise.

În afară de curenții transversali, mai există alți factori care duc la diferențe între caracteristica mecanică și pierderile calculate, respectiv obținute experimental. Acești factori sînt [4], [10] saturația și curenții longitudinali. Curenții longitudinali apar în pelicula care se formează în urma prelucrărilor mecanice ale suprafeței rotorului prin distrugerea izolației dintre tole pe o anumită adîncime.

6. Curenții transversali în rotorul mașinii sincrone

În tolele rotorului mașinii sincrone prevăzute cu colivie de amortizare pot apărea curenți transversali ca și în rotoarele mașinilor asincrone cu colivie. Acești curenți apar fie în regimurile de funcționare asincronă, fie chiar la funcționarea sincronă. În ultimul caz, curenții sînt induși de cîmpurile magnetice învîrtitoare de ordin superior din întrefier.

Rezultatele obținute mai sus pentru rotorul de mașină asincronă se pot aplica și pentru rotorul de mașină sincronă prevăzută cu colivie de amortizare, dacă se admite că distribuția curenților în bare și a curenților transversali ar fi aceeași ca în cazul amortizorului complet. Se va nota, ca și în cazul coliviei de mașină asincronă, cu Z_2 numărul total de bare ale coliviei, iar unghiul δ va reprezenta unghiul electric dintre două bare de pe același pol, pentru armonica considerată. Celelalte reactanțe se vor calcula ca la o colivie de mașină asincronă, presupunînd colivia completă.

La generatoarele sincrone de lungime relativ mare, înclinarea crestăturilor poate duce la mărirea pierderilor suplimentare în rotor. În adevăr, chiar pentru valori nu prea mici ale lui r_q, lungimea barelor fiind relativ mare, factorul $\gamma_\nu l$ este simțitor mai mare decît unitatea. De aceea, pierderile suplimentare se pot calcula cu formula (51) și, după cum se vede din formulă, ele cresc cu înclinarea barelor. Dacă mașina are colivie cu bare drepte, curenții transversali sînt neglijabili și se evită apariția scînteierii între bare și tole [3].

Concluzii

1. În rotoarele cu colivie cu bare înclinate apar curenți transversali. În rotoarele cu colivie cu bare drepte, dacă impedanța inelelor de conexiune este neglijabilă față de impedanța barei, ceea ce are loc în toate cazurile care se întîlnesc în practică, curenții transversali sînt neglijabili.

2. În funcție de valoarea produsului $\gamma_\nu l$, pierderile suplimentare în rotorul cu colivie de mașină asincronă, inclusiv pierderile datorite curenților transversali, se pot calcula cu relațiile (50), respectiv (51).

3. Cînd produsul $\gamma_\nu l \ll 1$, atunci, după cum rezultă din formula (50), înclinarea barelo

duce la micşorarea pierderilor în rotor, dacă r_q are valori suficient de mari.

4. Dacă produsul $\gamma_\nu l \gg 1$, atunci, după cum rezultă din formula (51), înclinarea barelor duce la mărirea pierderilor în rotor.

Maşinile sincrone mari, cu colivie de amortizare, datorită lungimii relativ mari a rotorului, se află aproape totdeauna în acest caz în care $\gamma_\nu l \gg 1$.

5. Pentru ca curenţii transversali să nu ducă la o mărire însemnată a pierderilor, trebuie ca rezistenţa r_q să fie în afara zonei critice cuprinse între r_{q1} şi r_{q2} (fig. 4).

6. Saturaţia dinţilor şi curenţii longitudinali din pelicula de la suprafaţa rotorului cu colivie sînt de asemenea factori care, ca şi curenţii transversali, influenţează asupra cuplului şi asupra pierderilor.

ANEXA 1

Calculul tensiunii electromotoare $E_{l\nu}$

Expresia lui $E_{l\nu}$, pentru o armonică ν oarecare, se poate scrie:

$$\dot{E}_l = \dot{E}_{l\nu} = s_\nu \omega \frac{\tau}{\nu\pi} \dot{B}_{n\nu}$$

sau notînd cu $B_{m\nu}$ valoarea maximă avem:

$$\sqrt{2}\,\dot{B}_{n\nu} = \dot{B}_{m\nu}. \qquad (I-1)$$

Relaţia (20) devine cu notaţia (I—1):

$$\dot{E}_{l\nu} = s_\nu \omega \frac{\tau}{\nu\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \dot{B}_{m\nu}. \qquad (I-2)$$

Dar avem [7]:

$$\dot{B}_{m\nu} = \dot{F}_\nu \frac{\mu_0}{\delta_{e\nu}}, \qquad (I-3)$$

$$\dot{F}_\nu = \frac{1}{\nu} \cdot \frac{\sqrt{2}\,m}{p} w_1 k_{w\nu} \dot{I}_1. \qquad (I-4)$$

Din (I—2), (I—3), (I—4) rezultă:

$$\dot{E}_{l\nu} = \frac{s_\nu \omega}{\nu\pi} \cdot \tau \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\mu_0}{\delta_{e\nu}} \cdot \frac{1}{\nu} \cdot \frac{\sqrt{2}\,mp}{\pi p} w_1 k_{w\nu} \dot{I}_1. \qquad (I-5)$$

Dar după [7] avem:

$$x_{m\nu} = \omega \mu_0 l_i \frac{m}{\pi} \cdot \frac{w_1^2}{p} \cdot \frac{k_{w\nu}^2}{\nu} \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \frac{\tau}{\nu\,\delta_{e\nu}}. \qquad (I-6)$$

Dacă se raportează la colivia rotorului, pentru care $m_2 = Z_2$, $w_2 = \frac{1}{2}$, $k_{w\nu} = 1$, se obţine:

$$x_{2m\nu} = \omega \mu_0 l_i \frac{Z_2}{\pi} \cdot \frac{1}{4p} \cdot \frac{1}{\nu} \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \frac{\tau}{\nu\,\delta_{e\nu}} \qquad (I-7)$$

sau pe unitatea de lungime a barei:

$$x_{2\,ml\nu} = \omega \mu_0 \frac{l_i}{l} \cdot \frac{Z_2}{\pi} \cdot \frac{1}{4p} \cdot \frac{1}{\nu} \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \frac{\tau}{\nu\,\delta_{e\nu}}. \qquad (I-8)$$

Împărţind membru cu membru relaţiile (I—5) şi (I—8) se obţine:

$$\frac{\dot{E}_{l\nu}}{x_{2ml\nu}} = \frac{2m\,w_1\,k_{w\nu}}{Z_2} \cdot \frac{l}{l_i} \cdot s_\nu \dot{I}_1. \qquad (I-9)$$

Deci:

$$\dot{E}_{l\nu} = \frac{2m\,w_1\,k_{w\nu}}{Z_2} \cdot \frac{l}{l_i} \cdot s_\nu \cdot x_{2ml\nu} \dot{I}_1 \qquad (I-10)$$

şi

$$E_{l\nu}^2 = \left(\frac{2m\,w_1\,k_{w\nu}}{Z_2} \cdot \frac{l}{l_i}\right)^2 s_\nu^2\, x_{2ml\nu}^2\, I_1^2. \qquad (I-11)$$

Notaţii principale

a_ν — coeficient dat de relaţia (18);
B_m — valoarea maximă a inducţiei magnetice ($B_{m\nu} = \sqrt{2}\,B_{n\nu}$);
$\dot{B}_{n\nu}$ — inducţia magnetică a armonicii ν în dreptul barei n (în complex);
c — înclinarea unei bare (fig. 2);
$\dot{E}_{l\nu}$ — t.e.m. dată de relaţia (20) (în complex);
I_1 — valoarea eficace a curentului pe o fază a statorului;
$\dot{I}_n(y)$ — curentul în bara n, la distanţa y de mijlocul barei (în complex);
$\dot{I}_{qn}(y)$ — curentul transversal dintre barele $n-1$ şi n, pe unitatea de lungime a barei, la distanţa y de mijlocul barei (în complex);
$\dot{I}_{fn}$ — curentul în inelele de conexiune, între barele $n-1$ şi n (în complex);
k_{w1} — factorul de înfăşurare a bobinajului statorului pentru armonica fundamentală;
$k_{w\nu}$ — factorul de înfăşurare a bobinajului statorului pentru armonica ν;
$l = 2l'$ — lungimea unei bare;
l_i — lungimea ideală a maşinii;
m — numărul de faze ale statorului;
n — numărul de ordine al barei;
p — numărul de perechi de poli;
$P_{2\nu}$ — pierderile în rotor prin efect termic, corespunzătoare armonicii ν;
s — alunecarea corespunzătoare armonicii fundamentale;
s_ν — alunecarea corespunzătoare armonicii ν;
v — viteza unui punct al rotorului faţă de cîmpul învîrtitor;
w_1 — numărul de spire pe fază a statorului;
$x_{m\nu}$ — reactanţa de magnetizare pentru armonica ν raportată la stator, calculată pentru frecvenţa reţelei;
$x_{2ml\nu}$ — reactanţa de magnetizare pentru armonica ν, raportată la rotor, calculată pentru frecvenţa reţelei, pe unitatea de lungime a barei;
$\dot{Z}_{l\nu} = r_{l\nu} + jX_{l\nu}$ — impedanţa totală raportată la rotor, pe unitatea de lungime a barei (în complex), calculată pentru frecvenţa t.e.m. induse de armonica considerată;
$\dot{Z}_{q\nu} = r_{q\nu} + jx_{q\nu}$ — impedanţa dintre două bare vecine pe unitatea de lungime a barei (în complex), calculată pentru aceeaşi frecvenţă ca şi $\dot{Z}_{l\nu}$;
$Z_{q\nu 0}$ — impedanţa dată de relaţia (14);
$\dot{z}_2$ — impedanţa de dispersie a rotorului raportată la stator (în complex), calculată pentru aceeaşi frecvenţă ca şi $\dot{Z}_{l\nu}$;
Z_2 — numărul de bare ale coliviei rotorului;
$\dot{Z}_f$ — impedanţa de dispersie a segmentului de conexiune cuprins între două bare vecine;

β_ν — coeficient dat de relația (47);
γ_ν — coeficient dat de relația (48);
δ — unghiul electric dintre două bare vecine pentru armonica considerată;
$\delta_{e\nu}$ — întrefierul echivalent pentru armonica de ordin ν;
μ_0 — constanta magnetică (permeabilitatea vidului);
ν — ordinul armonicii;
τ — pasul polar corespunzător armonicii fundamentale;
$\tau_\nu = \frac{\tau}{\nu}$ — pasul polar corespunzător armonicii ν;
ω — pulsația rețelei de alimentare;
$\omega_\nu = s_\nu \omega$ — pulsația t.e.m. induse în rotor de cîmpul învîrtitor corespunzător armonicii ν, la alunecarea s.

Bibliografie

[1] *Rossmaier, V.* Berechnung der durch unisolierte Käfige hervorgerufenen Zusatzverluste bei Asynchronmaschinen. În: Elektrotechnik und Maschinenbau vol. **57**, nr. 19—20, 1939, p. 249—255.

[2] *Odok, A. M.* Stray-Load Losses and Stray Torques in Induction Machines. În: Trans. AIEE, Part III, vol. **77**, 1958, p. 43—53.

[3] *Ipatov, P. M.* Toki v dempfernoi obmotke sinhronnogo generatora. In: Elektricestvo, vol. **79**, nr. 7, 1958, p. 7—11.

[4] *Richter, R.* Mașini electrice, vol. **IV**. București, Editura tehnică, 1960 (traducere din limba germană).

[5] *Răduleț, R.* Bazele electrotehnicii, vol. **II**. Institutul politehnic—București, 1954 (curs litografiat).

[6] *Gheorghiu, I. S.* Mașina asincronă. București, Editura didactică și pedagogică, 1958.

[7] *Postnikov, I. M.* Proiectarea mașinilor electrice. București, Editura energetică de stat, 1954 (traducere din limba rusă).

[8] *Danilevici, I.B., Kașarskii, E.G.* Dobavocinie poteri v elektriceskih mașin. Moscova, Gosenergoizdat, 1963.

[9] *Nedelcu, V.* Pierderi suplimentare în sarcină în mașinile asincrone. In: Electrotehnica, vol. **9**, nr. 12, 1961, p. 423—432.

[10] *Jordan, H., Taegen, F.* Curbele cuplului și pierderile suplimentare la motoarele asincrone trifazate. In: Energetică, electrificare, electrotehnică. Caiet selectiv nr. 6, 1961, Institutul de documentare tehnică, traducere din revista ETZ — A, vol. **81**, nr. 23, 1960, p. 816—820.

Intrat în redacție la 15.11.1963

Mașina asincronă cu rotor feromagnetic masiv

Victor D. Saviuc * — Iași

CZ 621.313.333.2.042.13.001.24

Fenomenele care au loc în rotorul feromagnetic masiv al mașinii asincrone sînt deosebit de complexe, problema calculului caracteristicilor mașinii asincrone cu rotor masiv fiind una dintre cele mai grele probleme din teoria propagării cîmpului electromagnetic în medii feromagnetice. Problema determinării caracteristicilor motorului asincron cu rotor masiv nu este complet rezolvată nici pentru cazul rotoarelor din materiale de permeabilitate magnetică constantă și fără histerezis; de asemenea, problema propagării undelor electromagnetice în corpuri feromagnetice nu are o rezolvare satisfăcătoare decît în cazurile cele mai simple.

Mașina asincronă cu rotor masiv are aplicații foarte variate datorită unor calități care o fac de neînlocuit în unele cazuri. Tot din categoria mașinilor bazate pe interacțiunea curenților turbionari induși în corpuri feromagnetice cu cîmpul magnetic rezultant fac parte cuplurile asincrone de alunecare și frînele electromagnetice cu indus masiv. Procesele de pornire a mașinii sincrone cu poli masivi, mașină folosită în prezent pe scară tot mai largă, sînt analoge cu cele care au loc în mașina asincronă cu rotor masiv, putîndu-se folosi rezultatele obținute la aceasta pentru calculul caracterisiticilor sale de pornire.

* *V. Saviuc* este cercetător principal la Centrul de cercetări tehnice al Filialei Iași a Academiei R.P.R.

Complexitatea și importanța studiului acestei mașini explică numărul mare de lucrări teoretice și experimentale care au apărut și continuă să apară în acest domeniu.

Deși prima realizare a motorului asincron, din anul 1885, aparținînd lui Gallileo Ferraris, a avut rotorul din fier masiv în formă de cilindru, fără înfășurări pe rotor [6], și deși au apărut numeroase lucrări în acest domeniu (bibliografia de la sfîrșit cuprinde în ordinea apariției cîteva dintre cele mai importante lucrări), pînă în prezent au fost rezolvate puține aspecte ale teoriei mașinii asincrone cu rotor feromagnetic masiv; în literatura de specialitate au rămas multe probleme neclare, existînd păreri contradictorii cu privire la posibilitățile sale de folosire practică și la caracteristicile sale etc.

În lucrarea de față se prezintă un studiu teoretic simplificat al mașinii asincrone cu rotor masiv neted, se descriu tipurile constructive în care se execută rotorul și se arată influența diferiților factori asupra caracteristicilor mașinii. Se mai compară mașina asincronă cu rotor masiv cu mașina cu rotor normal, subliniindu-se particularitățile de funcționare și domeniile de utilizare a mașinii cu rotor masiv. Sînt arătate, de asemenea, problemele din teoria mașinii cu rotor feromagnetic masiv care nu sînt rezolvate sau care necesită un studiu mai aprofundat.

1. Introducere

Mașina asincronă cu rotor masiv obișnuită (fig. 1) are un stator care nu diferă de cel al mașinii asincrone normale; pe circuitul magnetic din tole *1* se găsește înfășurarea *2*. Rotorul *3* este însă constituit dintr-un cilindru feromagnetic masiv, neted, fără nici o înfășurare.

Principiul de funcționare este același ca la mașinile asincrone obișnuite. Cîmpul magnetic învîrtitor creează în rotor curenți turbionari din interacțiunea cărora cu cîmpul magnetic se produce momentul de rotație; în acest caz, curenții turbionari nu sînt paraziți, formînd cupluri utile. Spre deosebire de motorul cu rotor normal la care circuitul magnetic este separat de înfășurare, mașina asincronă cu rotor masiv are particularitatea fundamentală că rotorul este în același timp și circuit electric și magnetic.

O altă particularitate a mașinii asincrone cu rotor masiv este aceea că fluxul și curenții turbionari, din cauza efectului pelicular pronunțat datorită permeabilității magnetice mari, se repartizează numai la suprafața rotorului. Adîncimea de pătrundere a fluxului magnetic variază în cursul funcționării mașinii în funcție de viteza sa de rotație. Astfel, la o frecvență a tensiunii alimentare $f = 50$ Hz și o alunecare $s = 100\%$, adîncimea de pătrundere ajunge la 1—2 mm, iar la $s = 1—3\%$ ajunge la 10—20 mm. Totodată, impedanța echivalentă a rotorului variază cu alunecarea, raportul dintre reactanța x_2' și rezistența r_2' echivalentă a rotorului rămînînd aproximativ constant și egal cu 0,60—0,65. Din cauza rezistenței specifice mari a fierului și a efectului pelicular pronunțat, rezistența echivalentă a rotorului este relativ

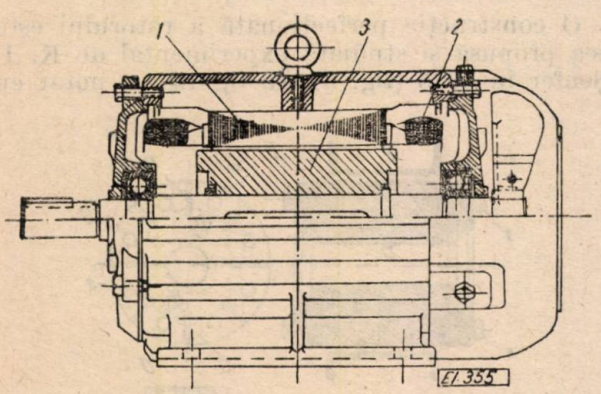


Fig. 1. Secțiune prin mașina asincronă cu rotor masiv neted:

1 — circuit magnetic statoric din tole; *2* — înfășurare; *3* — rotor constituit dintr-un cilindru feromagnetic masiv neted.

mare, ceea ce duce, în cazul motoarelor de putere mică și mijlocie, la o alunecare critică supraunitară și deci la o caracteristică mecanică „moale" și un randament scăzut.

Din cauza valorii relativ mari a reactanței echivalente a rotorului, factorul de putere al acestor motoare este mai mic decît al celor cu rotor normal.

Din aceste particularități de funcționare a mașinii asincrone cu rotor feromagnetic masiv rezultă avantajele și dezavantajele sale. Dintre avantaje se pot arăta: rezistență mecanică mare, simplitate constructivă, ușurință de echilibrare, preț de cost redus, moment de pornire mare și curent de pornire mic, caracteristici de reglaj aproape liniare la motoarele de putere mică, posibilitatea reglării în limite largi a vitezei de rotație, funcționare stabilă în domeniul $s = 0—1$, siguranță în exploatare, funcționare fără zgomot etc. Dezavantajele mașinii asincrone cu rotor masiv pentru acționările obișnuite de putere mică și medie sînt: randament și factor de putere redus, alunecare mare în funcționare.

Diversitatea acționărilor electrice impune condiții speciale mașinilor, caracteristicile mașinii cu rotor masiv făcînd-o uneori de neînlocuit Astfel, în automatică, în scopul evitării con. tinuării rotirii după anularea tensiunii de comandă (ceea ce ar face ca motorul să fie de necomandat), pentru mărirea zonei de stabilitate și pentru obținerea unor caracteristici de reglaj cît mai liniare, motoarele asincrone se fac cu o rezistență a rotorului mărită, care duce la o alunecare critică $s_{cr} = 3—4$. Aceasta influențează defavorabil asupra caracteristicilor motorului; se micșorează viteza de funcționare și puterea mecanică, pierderile în rotor sînt mărite. Din această cauză, puterea nominală a motorului asincron utilizat în comandă automată este de 2—3 ori mai mică decît puterea nominală a motoarelor asincrone obișnuite, de același gabarit.

În schemele de comandă și reglare automată, la utilajele de înregistrare a sunetelor etc., în care mecanismul de acționat are un moment mare de inerție sau în care acționarea rapidă nu joacă rol însemnat, motorul cu rotor neferomagnetic în formă de pahar poate fi înlocuit cu succes de motorul cu rotor masiv. Spre deosebire de motorul cu rotor neferomagnetic în formă de pahar, care are un întrefier mare (0,5—1,5 mm), motorul cu rotor feromagnetic poate fi executat cu un întrefier mic (pînă la 0,1 mm); aceasta permite eliminarea unuia dintre cele mai mari inconveniente ale motorului cu rotor neferomagnetic în formă de pahar — curentul mare de magnetizare — și deci produce o oarecare micșorare a pierderilor, mărirea randamentului și a factorului de putere. În privința indicilor energetici și a liniarității caracteristicilor mecanice și de reglaj, mașina cu rotor feromagnetic masiv depășește motorul cu rotor neferomagnetic în formă de pahar, iar ca simplitate de execuție, siguranță în funcționare, mers fără zgomot și lipsa paraziților radio depă-

șește și motoarele cu colector de curent continuu și alternativ [27].

La mașinile cu viteze mari de rotație (100 000—200 000 rot/min), viteza periferică depășind uneori 200 m/s, rotoarele obișnuite nu pot satisface condițiile mecanice care se cer : rezistență mecanică mare, ușurință de echilibrare, funcționare fără zgomot sau vibrații etc. Aceste condiții pot fi îndeplinite numai de mașinile cu rotor masiv. Astfel de mașini se utilizează la giroscoape, ultracentrifuge, mașini de șlefuit, instalații aerodinamice de încercări etc.[21], [27], [34].

În vederea îmbunătățirii caracteristicilor de funcționare, pentru a face posibilă utilizarea mașinii cu rotor masiv de putere mică în acționările obișnuite s-au propus o serie de perfecționări. Caracteristicile mașinilor cu aceste tipuri constructive de rotoare sînt intermediare între acelea ale mașinii cu rotor masiv neted și ale mașinii cu rotor normal, fiind însă ceva mai complicate din punct de vedere constructiv și mai scumpe.

2. Tipuri constructive

a) *Înfășurarea statorului* mașinii cu rotor masiv se execută atît trifazată, cît și bifazată ; mașinile bifazate sînt utilizate, în special, în comandă automată. În majoritatea cazurilor, mașinile cu rotor masiv de putere mică se alimentează de la rețeaua monofazată, decalajul curenților din faze obținîndu-se cu ajutorul unui condensator conectat în serie cu una din faze (fig. 2) ; condensatorul permite mărirea factorului de putere, deci eliminarea unuia dintre cele mai mari inconveniente ale motorului cu rotor masiv. Astfel, factorul de putere al mașinilor cu rotor masiv fără condensator, utilizate în automatică la alimentarea simetrică, nu depășește 0,5—0,6, iar randamentul, 25—40%, pe cînd la mașinile cu condensator, factorul de putere atinge 0,90—0,95, iar randamentul, 40—45%. Reglarea vitezei de rotație a mașinii cu rotor masiv cu condensator se face, în general, prin variația tensiunii fazei principale.

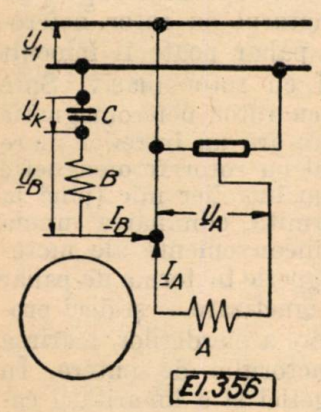


Fig. 2. Alimentarea motorului asincron bifazat cu rotor masiv de la rețeaua monofazată.

b) *Frecvența* rețelei de alimentare este, în general, cea industrială (40—60 Hz). În cazul mașinilor cu viteză mare de rotație se merge pînă la 1 500—3 000 Hz [21], [34].

c) *Dispoziția indusului masiv* se face, de obicei, ca în figura 1, cu partea interioară mobilă masivă.

În automatică se întîlnesc deseori motoare cu partea exterioară masivă mobilă, iar cu partea interioară fixă executată din tole și prevăzută cu o înfășurare, în general, trifazată. Astfel de motoare se utilizează la giroscoape, la care se cere ca rotorul să aibă un moment de inerție mare ; ele se alimentează de la surse de frecvențe înalte și au viteze de rotație pînă la 15 000—16 000 rot/min.

În afară de aceste tipuri se mai întîlnesc și motoare asincrone cu statorul masiv, care servesc și drept carcasă ; rotorul executat din tole și prevăzut cu înfășurări este alimentat prin intermediul contactelor alunecătoare. Acest tip de motor permite micșorarea diametrului mașinii, necesitînd o cantitate mai mică de tole și de cupru, iar execuția înfășurării poate fi ușor mecanizată. Părțile slabe ale acestor mașini sînt contactele alunecătoare care complică fabricația și pot produce defecțiuni în funcționare.

d) *Construcția rotorului.* Cea mai simplă construcție este aceea cu rotor neted. Pentru micșorarea impedanței echivalente a rotorului (deci pentru micșorarea alunecării critice și mărirea randamentului și a factorului de putere) și pentru micșorarea momentului de inerție s-au propus o serie de perfecționări ale construcției rotorului : frezarea pe periferia rotorului a unor șanțuri axiale înguste și adînci, cu sau fără colivie, montarea unor inele din material mai bun conducător decît fierul pe suprafețele frontale, acoperirea pe cale electrolitică a suprafeței cilindrice și a suprafețelor frontale cu un strat de cupru, executarea rotorului din plăci de fier, izolate între ele, din straturi concentrice sau sub forma unui cilindru subțire etc.

O construcție perfecționată a rotorului este cea propusă și studiată experimental de K. I. Șenfer în 1925 (fig. 3). În figură s-a notat cu

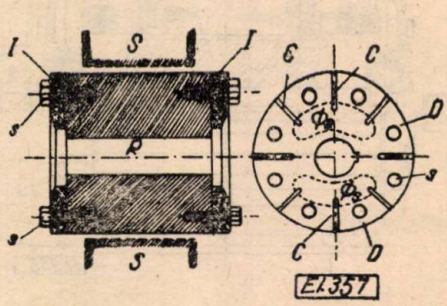


Fig. 3. Construcție a rotorului propusă de K. I. Șenfer : *S* — statorul ; *R* — rotorul ; *C* — crestăturile ; *D* — dinții rotorului formați prin frezarea șanțurilor ; *I* — inele frontale de cupru ; *s* — șuruburi de fixare a inelelor.

S — statorul, cu *R* — rotorul, cu *C* — crestăturile și cu *I* — inelele de cupru presate pe suprafețele frontale cu ajutorul șuruburilor *s* pentru micșorarea rezistenței de contact.

O altă construcție a rotorului este cea propusă de Pliușci în 1931 (fig. 4). El a propus evitarea operației costisitoare de frezare a unui număr mare de șanțuri, prin construirea rotorului din plăci de fier izolate între ele, analog construcției

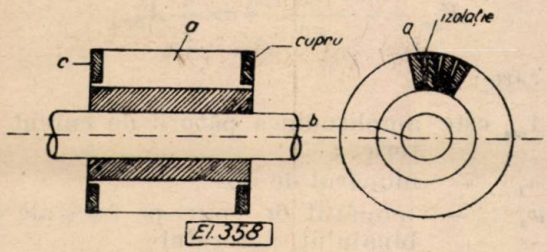


Fig. 4. Construcție a rotorului propusă de B. M. Pliușci: *a* – plăci de fier; *b* – bucșă; *c* – inele de cupru.

colectorului. În figură s-au notat cu *a*—plăcile de fier, cu *b*—bucșa și cu *c*—inelele de cupru. Pentru a se obține caracteristici bune, numărul plăcilor de fier trebuie să fie cît mai mare, iar grosimea izolației, cît mai mică; pentru evitarea zgomotului și a pierderilor prin pulsații, numărul plăcilor trebuie să fie într-un anumit raport față de numărul dinților statorului.

În automatică se folosesc motoare cu rotor feromagnetic format dintr-un cilindru subțire, cu grosimea de 0,5—3 mm, fixat de arborele motorului fie cu ajutorul a doi pereți metalici frontali, fie cu ajutorul unui perete presat în partea centrală a cilindrului (fig. 5); ultima

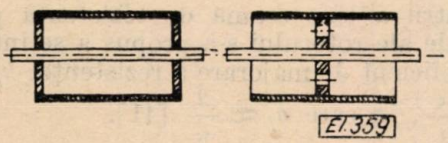


Fig. 5. Rotor feromagnetic format dintr-un cilindru subțire.

construcție asigură o răcire mai bună a rotorului. Nu se face mărirea grosimii pereților rotorului peste valoarea adîncimii de pătrundere la frecvența minimă a curenților din rotor, pentru a nu se mări momentul de inerție și constanta electromecanică de timp.

3. Calculul parametrilor echivalenți ai rotorului

Teoria mașinii asincrone cu rotor masiv poate fi făcută ușor pe baza schemei echivalente. Pentru determinarea locului geometric al curenților, a caracteristicii mecanice etc., este necesară cunoașterea valorilor rezistenței și reactanței echivalente a rotorului și a variației lor cu alunecarea.

Calculul lor se poate face simplu, pe baza următoarelor ipoteze simplificatoare: se consideră înfășurarea statorului polifazată simetrică, iar întrefierul, uniform; se consideră permeabilitatea magnetică μ a materialului rotorului constantă, neglijîndu-se pierderile prin histerezis; se consideră că tensiunea electromotoare și curenții variază sinusoidal în timp, tensiunea magnetomotoare statorică, respectiv inducția magnetică în întrefier, repartizîndu-se sinusoidal pe periferie; se consideră că rotorul are o lungime mare în comparație cu pasul polar τ și că curenții au numai o direcție axială. În cele ce urmează se neglijează efectul curburii, problema rezolvîndu-se în sistemul de axe cartezian, cu originea pe suprafața rotorului și cu axa x dirijată tangențial, y — radial și z — axial (fig. 6).

Rezultatele obținute în aceste ipoteze simplificatoare vor fi corectate, luîndu-se în considerare în mod aproximativ rezistența părților frontale și variația permeabilității pe adîncimea de pătrundere.

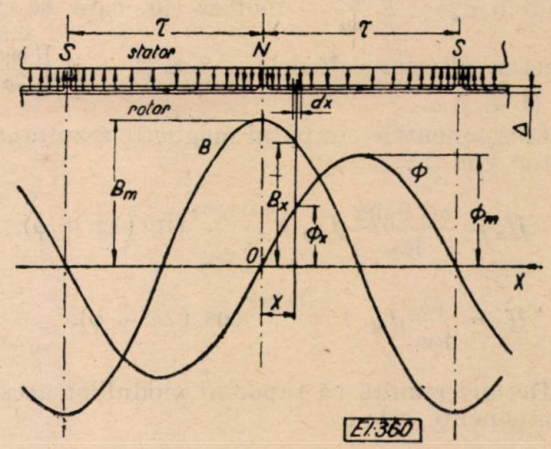


Fig. 6. Repartiția inducției cîmpului magnetic și a densității de curent în rotorul masiv neted.

Ecuațiile lui Maxwell la frecvențe joase în medii metalice:

$$\text{rot}\,\overline{H} = \overline{J},\ \text{rot}\,\overline{E} = -\frac{\partial \overline{B}}{\partial t},\ \overline{E} = \rho\,\overline{J},$$

ținînd seamă de ipotezele de mai sus și lăsînd la o parte indicele z la densitatea de curent, capătă forma următoare:

$$\frac{\partial \underline{H}_y}{\partial x} - \frac{\partial \underline{H}_x}{\partial y} = \underline{J}, \tag{1}$$

$$\frac{\partial \underline{J}}{\partial x} = \underline{k}^2 \underline{H}_y, \tag{2}$$

$$\frac{\partial \underline{J}}{\partial y} = -\underline{k}^2 \underline{H}_x. \tag{3}$$

În aceste relații s-a notat cu $\underline{k}^2 = \mathrm{j}\,\frac{\omega\mu}{\rho}$, ρ fiind rezistivitatea materialului rotorului, $\omega = s\omega_1$ — pulsația curenților induși, s — alunecarea.

Înlocuind $\underline{H}_x$ și $\underline{H}_y$ din relațiile (2) și (3) în relația (1) se obține ecuația:

$$\frac{\partial^2 \underline{J}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \underline{J}}{\partial y^2} = \underline{k}^2 \underline{J}. \tag{4}$$

Soluția acestei ecuații este, după cum se știe, următoarea :

$$\underline{J} = \underline{J}_{m0}\, e^{-\underline{\beta} y} \sin(\lambda x + \varphi), \qquad (5)$$

în care :

$\underline{J}_{m0}$ este valoarea maximă a densității de curent pe suprafața rotorului ;

$\lambda = \frac{\pi}{\tau}$;

φ — constantă de integrare ;

$$\underline{\beta} = \sqrt{\left(\frac{\pi}{\tau}\right)^2 + j\frac{\omega\mu}{\rho}}. \qquad (6)$$

Pentru $\tau \gg \pi \sqrt{\frac{\rho}{\omega\mu}}$ — ipoteză în care se vor efectua ulterior calculele — $\underline{\beta} \approx (1 + j)\sqrt{\frac{\omega\mu}{2\rho}} = (1 + j)\,\alpha$.

Componentele cîmpului magnetic rezultant în rotor vor fi :

$$\underline{H}_x = \frac{\rho(1 + j)\alpha}{j\omega\mu} \underline{J}_{m0}\, e^{-(1+j)\alpha y} \sin(\lambda x + \varphi),$$

$$\underline{H}_y = \frac{\rho\lambda}{j\omega\mu} \underline{J}_{m0}\, e^{-(1+j)\alpha y} \cos(\lambda x + \varphi).$$

De aici rezultă că raportul modulilor acestor componente este :

$$\frac{H_x}{H_y} = \frac{\sqrt{2}\,\alpha}{\lambda} = \frac{\tau}{\pi}\sqrt{\frac{\omega\mu}{\rho}}$$

și că amplitudinea densității de curent pe suprafața rotorului este :

$$J_{m0} = \frac{B_{y0} v}{\rho},$$

în care :

$v = 2\tau f$ este viteza de deplasare a cîmpului magnetic învîrtitor ;

B_{y0} — componenta normală a inducției rezultante pe suprafața rotorului.

Valoarea eficace a densității de curent se micșorează în interiorul rotorului după relația :

$$J = \frac{J_{m0}}{\sqrt{2}}\, e^{-\alpha y} ;$$

astfel pierderile pe unitatea de suprafață a rotorului vor fi :

$$w = \int_0^\infty \rho J^2 dy = \frac{\rho J_{m0}^2}{4\alpha}.$$

Mărimea echivalentă a rezistenței rotorice la alunecarea s, r'_{2s}, se obține din egalarea pierderilor în rotor πDlw cu $m_1 I_2'^2 r'_{2s}$; cu D și l s-au notat respectiv diametrul și lungimea rotorului.

Raportul dintre J_{m0} și I'_2 se determină din amplitudinea tensiunii magnetomotoare a rotorului, ținînd seamă că curentul rotorului se repartizează sinusoidal pe pasul polar :

$$F_{2m} = \frac{\sqrt{2}\, m_1 I'_2 w_1 k_{w_1}}{\pi p} = \frac{\tau}{\pi} A_{2m},$$

în care :

A_{2m} este amplitudinea păturii de curent rotorice ;

m_1 — numărul de faze ;

w_1 — numărul de spire pe fază ale bobinajului statorului ;

k_{w1} — factorul de bobinaj.

Amplitudinea păturii de curent rotorice se obține din relația :

$$A_{2m} = \left| \int_0^\infty \underline{J}_{m0}\, e^{-(1+j)\alpha y} dy \right| = \frac{J_{m0}}{\sqrt{2}\,\alpha}.$$

Din aceasta se obține :

$$\frac{J_{m0}}{I'_2} = \frac{2 m_1 w_1 k_{w_1} \alpha}{\tau p}$$

și deci pentru r'_{2s} rezultă expresia :

$$r'_{2s} = \frac{2\, m_1 (w_1 k_{w1})^2}{p} \cdot \frac{l}{\tau}\sqrt{\frac{\rho\mu\omega}{2}}. \qquad (7)$$

Pentru a ține seamă de rezistența părților frontale ale rotorului s-a propus a se introduce un coeficient de majorare a rezistenței $k_f = 1 + a_f \frac{\tau}{l}$, în care $a_f \approx \frac{2}{\pi}$ [41].

Impedanța echivalentă a rotorului la alunecarea s va fi : $\underline{z}'_{2s} = r'_{2s}(a_r + j a_x) = r'_{2s} a_r \left(1 + j\frac{a_x}{a_r}\right) = r'_{2s} a_r (1 + j a)$. Luîndu-se în considerare variația permeabilității pe adîncimea de pătrundere și pierderile prin histerezis, L.R. Neiman [9] a arătat că aproximativ $a_r = 1{,}4$; $a_x = 0{,}85$, iar $a = 0{,}6$. Dacă se consideră că influența părților frontale asupra rezistenței și reactanței echivalente a rotorului este aceeași, rezultă :

$$\underline{z}'_{2s} = \frac{2 m_1 (w_1 k_{w1})^2}{p} \cdot \frac{l}{\tau} k_f a_r \sqrt{\frac{\omega\mu\rho}{2}} (1 + j a) = \underline{z}'_{20}\sqrt{s}, \qquad (8)$$

în care $\underline{z}'_{20}$ este valoarea impedanței echivalente la alunecarea $s = 1$. Din această relație se remarcă variația parametrilor rotorului cu alunecarea și permeabilitatea magnetică.

În schema echivalentă a mașinii asincrone cu rotor masiv ca $\underline{z}'_2$ trebuie să se introducă $\frac{\underline{z}'_{2s}}{s} = \frac{\underline{z}'_{20}}{\sqrt{s}}$. Astfel, schema echivalentă a acestei mașini diferă de aceea a mașinii cu rotor normal numai

prin caracterul variației parametrilor rotorului cu alunecarea (fig. 7).

La mașinile reale trebuie ținut seamă că, din cauza căderilor de tensiune pe impedanța statorului și a reacției indusului, permeabilitatea

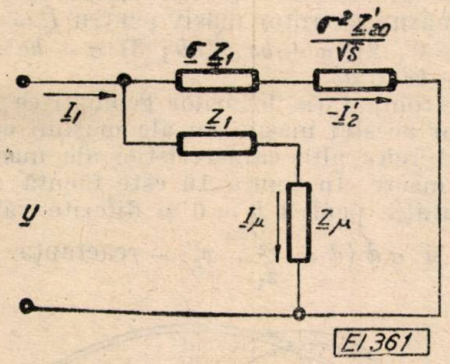


Fig. 7. Schema echivalentă precisă a motorului asincron cu rotor feromagnetic masiv cu circuitul de magnetizare scos la borne.

magnetică variază atît radial, pe adîncimea de pătrundere, cît și axial și tangențial pe suprafața rotorului; permeabilitatea magnetică a întregului rotor mai variază cu sarcina mașinii, deci indirect și cu alunecarea.

Permeabilitatea magnetică ce intervine în relația (8) este o mărime de calcul echivalentă întregului proces. În [50] se consideră, în mod principial greșit, că în sarcină $\mu = \frac{\mu_k}{\tilde{I}'_2}$, în care $\tilde{I}'_2 = \frac{I'_2}{I_{1\,nom}}$ este curentul rotoric relativ, $I_{1\,nom}$ — curentul nominal al motorului, iar μ_k — o permeabilitatea magnetică convențională. Astfel $\underline{z}'_2 = \frac{\underline{z}_{20k}}{\sqrt{s\,\tilde{I}'_2}}$, $\underline{z}_{20k} = \text{const.}$

În [39] se propune a se lua în considerare starea magnetică a rotorului cu relația:

$$\frac{\underline{z}'_{20}}{\underline{z}'^{*}_{20}} = \left(\frac{I'^{*}_{20}}{I'_{20}}\right)^{\frac{\nu-1}{2\nu}},$$

în care se consideră cunoscute Z'^{*}_{20} și I'^{*}_2, iar ν este exponentul parabolei cu care se aproximează curba de magnetizare a materialului rotorului $B = KH^{\frac{1}{\nu}}$ (în general $\nu = 7 \div 15$).

În majoritatea lucrărilor nu se ia în considerare variația inducției magnetice pe pasul polar asupra valorii permeabilității magnetice ce trebuie luată în relația (8). În [39] se propune, pentru determinarea cîmpului corespunzător permeabilității din relația (8), să se utilizeze un coeficient experimental care să ia în considerare caracterul neuniform al repartiției inducției magnetice pe pasul polar.

4. Locul geometric al curenților mașinii asincrone cu rotor masiv neted

La studiul caracteristicilor motorului se va porni de la schema echivalentă precisă a motorului cu circuitul de magnetizare scos la borne (fig. 7). Curentul de magnetizare $\underline{I}_\mu$ considerîndu-se constant, în cele ce urmează ne vom referi în special la curentul $\underline{I}'_2$.

Notînd cu $\underline{\sigma} = 1 + \frac{\underline{z}_1}{\underline{z}_\mu} = \sigma e^{-j\psi}$ și considerînd $\underline{z}_\mu = jx_\mu$, $\sigma = \sqrt{\left(1 + \frac{x_1}{x_\mu}\right)^2 + \left(\frac{r_1}{x_\mu}\right)^2}$, $\operatorname{tg}\psi = \frac{r_1}{x_1 + x_\mu}$; dacă se admite $\cos\psi \approx 1$ și $\sin\psi \approx \frac{r_1}{x_1 + x_\mu}$, curentul rotoric va avea expresia:

$$-\underline{I}'_2 = \frac{\underline{U} e^{j2\psi}\sqrt{s}}{\sigma^2(\pm r'_{20} + jx'_{20}) + \left[r_1 + j\left(\sigma x_1 + \frac{r_1^2}{x_\mu}\right)\right]\sqrt{s}}. \tag{9}$$

În această relație se consideră că s variază de la zero la infinit, luîndu-se în paranteza de la numitor semnul plus pentru regimul de funcționare ca motor și semnul minus pentru regimul de funcționare ca generator. De aici rezultă că celor două regimuri de funcționare le corespund arcuri de cerc. Pozițiile centrelor $\underline{F}_m$, $\underline{F}_g$ și razele cercurilor $\underline{R}_m$, $\underline{R}_g$ corespunzătoare regimului de funcționare ca motor, respectiv generator, determinate după [10], sînt următoarele:

$$\underline{F}_m = \frac{\underline{U} e^{j2\psi}}{2x_1} \cdot \frac{-a - j}{\sigma + bc - ab}, \tag{10}$$

$$\underline{R}_m = \frac{\underline{U} e^{j2\psi}}{2x_1} \cdot \frac{-a + j}{\sigma + bc - ab}, \tag{11}$$

$$\underline{F}_g = \frac{\underline{U} e^{j2\psi}}{2x_1} \cdot \frac{a - j}{\sigma + bc + ab}, \tag{12}$$

$$\underline{R}_g = \frac{\underline{U} e^{j2\psi}}{2x_1} \cdot \frac{a + j}{\sigma + bc + ab}, \tag{13}$$

în care s-a notat cu $a = \frac{x'_{20}}{r'_{20}}$, $b = \frac{r_1}{x_1}$, $c = \frac{r_1}{x_\mu}$.

Deoarece $\underline{I}'$ și $\underline{R}$ depind numai de $\underline{U}$, a, b, c, și ψ, neconținînd în mod explicit parametrii rotorului care variază mult cu saturația, locul geometric al curenților mașinii cu rotor masiv nu se schimbă dacă se consideră r'_{20} și x'_{20} constanți sau dacă se ține seamă de variația lor, saturația rotorului schimbînd doar diviziunile scării parametrului variabil.

În general ψ și c sînt foarte mici, neputîndu-se neglija decît la motoarele de putere mică în cazul conectării la rețea prin intermediul unei rezistențe suplimentare sau în cazul frec-

venţelor foarte scăzute. Dacă se consideră $\psi = 0$, centrele celor două cercuri ale curenţilor rotorului se găsesc pe două drepte, simetrice faţă de axa numerelor imaginare, ce trec prin

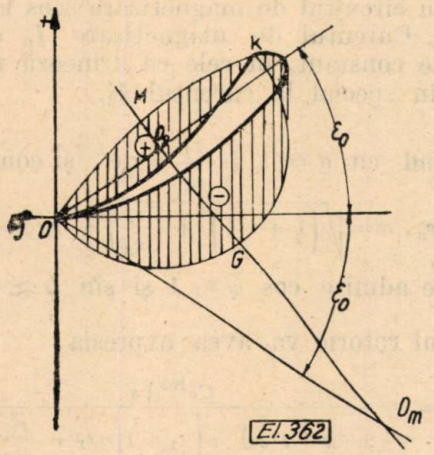


Fig. 8. Locul geometric al curenţilor maşinii asincrone cu rotor masiv neted şi curbele puterilor electromagnetice în regimul de funcţionare ca motor şi ca generator.

origine şi formează cu aceasta unghiul $\varepsilon_0 = \text{arc tg } a$.

Determinînd puterea electromagnetică cu ajutorul unor drepte paralele cu axa reală, pentru puterea electromagnetică se obţine o curbă care diferă, în general, pentru regimul de motor de aceea pentru regimul de generator (fig. 8); pentru $r_1 = 0$, curbele puterii electromagnetice coincid cu axa numerelor imaginare. Punctul M corespunde momentului electromagnetic maxim la funcţionarea ca motor, iar punctul G — la funcţionarea ca generator asincron; punctele M şi G sînt punctele de intersecţie ale locurilor geometrice ale curenţilor cu dreapta dusă prin centrele lor.

Rezistenţa înfăşurării primare are o mare influenţă asupra locului geometric al curenţilor rotorului. Pentru $r_1 \neq 0$, cercurile sînt simetrice

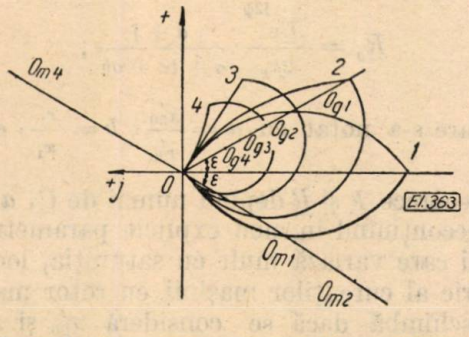


Fig. 9. Locurile geometrice ale curenţilor rotorici ai unei maşini cu rotor masiv pentru U = const. şi diferite valori ale rezistenţei înfăşurării statorului:
$1 - b = 0$; $2 - \sigma + bc > ab$; $3 - \sigma + bc = ab$; $4 - \sigma + bc < ab$.

faţă de axa numerelor imaginare. Mărirea rezistenţei r_1 (deci a rapoartelor b şi c şi a unghiului ψ) duce la rotirea locului geometric cu unghiul 2ψ şi la micşorarea razei cercului pentru regimul de generator. Raza cercului pentru regimul de funcţionare ca motor creşte cu r_1; la $\sigma + bc = ab$ cercul trece într-o dreaptă după care, pentru $\sigma + bc < ab$, centrul cercului trece în cadranul opus. În figura 9 sînt reprezentate locurile geometrice ale curenţilor rotorici ai unei maşini cu rotor masiv pentru U = const.: 1) $b = 0$; 2) $\sigma + bc > ab$; 3) $\sigma + bc = ab$ şi 4) $\sigma + bc < ab$.

Din comparaţia locurilor geometrice ale curenţilor acestei maşini cu ale maşinii cu rotor normal reies alte caracteristici ale maşinii cu rotor masiv. În figura 10 este făcută această comparaţie pentru $b = 0$ şi diferite valori ale lui a şi σd ($d = \frac{x_2''}{x_1}$, x_2'' — reactanţa rotoru-

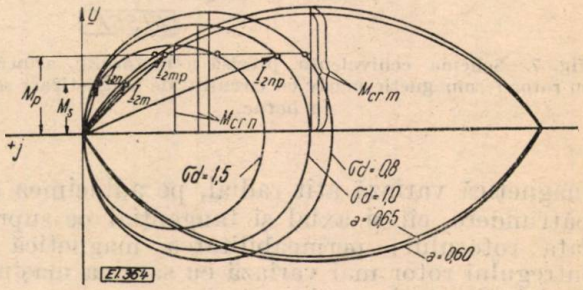


Fig. 10. Comparaţia locurilor geometrice ale curenţilor maşinii cu rotor masiv şi rotor normal pentru $b = 0$ şi diferite valori ale lui

$a = \frac{x'_{20}}{r'_{20}}$ şi $\sigma d (d = \frac{x_2''}{x_1}$, x_2'' — reactanţa rotorului normal).

lui normal). De aici se vede că, pentru aceleaşi condiţii de pornire, curentul maşinii cu rotor masiv este mai mic şi factorul de putere mai mare decît al maşinii cu rotor normal. La alu-

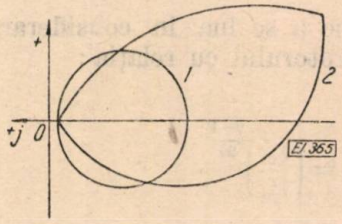


Fig. 11. Locurile geometrice ale curenţilor statorului unei maşini cu rotor normal (curba *1*) şi al uneia cu rotor masiv (curba *2*) pentru $b = 0{,}38$.

necări mici, pentru acelaşi moment static, maşina cu rotor masiv are factorul de putere mai mic şi curentul mai mare.

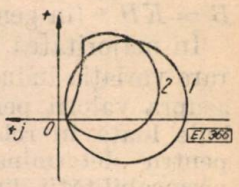


Fig. 12. Locurile geometrice ale curenţilor statorului unei maşini cu rotor normal (curba *1*) şi al uneia cu rotor masiv (curba *2*) pentru $b = 3{,}7$.

În figurile 11 şi 12 sînt reprezentate locurile geometrice ale curenţilor statorului unei maşini cu rotor normal (curba *1*) şi masiv (curba *2*),

pentru $b = 0{,}38$ (fig. 11) și $b = 3{,}7$ (fig. 12). De aici reiese că, în cazul mașinii cu rotor masiv mărimea b influențează mult mai mult forma și dimensiunile locurilor geometrice ale curenților decît la mașina cu rotor normal.

5. Caracteristica mecanică a mașinii asincrone cu rotor masiv neted

Neluînd în considerare variația saturației rotorului ($z'_{20} = \text{const.}$), se obține cu ușurință caracteristica mecanică:

$$\frac{M}{M_{cr}} = \frac{2(1+q)}{\sqrt{\frac{s}{s_{cr}}} + \sqrt{\frac{s_{cr}}{s}} + 2q}, \qquad (14)$$

în care momentul critic și alunecarea critică sînt date de relațiile:

$$M_{cr} = \pm \frac{U^2}{2\sigma x_1} \cdot \frac{1}{a \pm b + \sqrt{(1+a^2)(1+b^2)}}, \qquad (15)$$

$$s_{cr} = \left(\frac{\sigma r'_{20}}{x_1} h\right)^2, \qquad (16)$$

iar:

$$q = \frac{a \pm b}{\sqrt{(1+a^2)(1+b^2)}}; \quad h = \sqrt{\frac{1+a^2}{1+b^2}}; \quad a = \frac{x'_{20}}{r'_{20}}; \quad b = \frac{r_1}{x_1}.$$

În aceste relații, semnul plus corespunde regimului de funcționare ca motor, iar semnul minus, ca generator. De aici rezultă că alunecarea critică are aceeași valoare atît în regimul de funcționare ca motor, cît și ca generator.

În mod analog se poate obține valoarea relativă a curentului rotoric:

$$\frac{I'_2}{I'_{2cr}} = \sqrt{\frac{2(1+q)}{\frac{s_{cr}}{s} + 2q\sqrt{\frac{s_{cr}}{s}} + 1}}, \qquad (17)$$

și curentul rotoric corespunzător alunecării critice:

$$I'_{2cr} = \frac{U}{\sqrt{2}\,x_1} \sqrt{\frac{h}{a \pm b + \sqrt{(1+a^2)(1+b^2)}}}. \qquad (18)$$

Se poate ține seamă de saturație luînd exponentul de variație a impedanței rotorului cu alunecarea diferit de 0,5 sau presupunînd alunecarea critică variabilă.

6. Comparația caracteristicilor mașinii asincrone cu rotor masiv și cu rotor normal

a) *Alunecarea critică.* Caracteristicile mașinii cu rotor masiv depinzînd mult de alunecarea critică, este necesar să se studieze mărimile care o influențează și să se determine căile posibile de micșorare a ei.

Din expresia alunecării critice:

$$s_{cr} = \left(\frac{\sigma r'_{20}}{x_1}\right)^2 \frac{1+a^2}{1+b^2},$$

cum $a \approx 0{,}6$ și $\sigma \approx 1 + \frac{x_1}{x_\mu}$ variază puțin, rezultă că aceasta depinde în special de r'_{20} și x_1 pentru un b dat. Valoarea lui r'_{20} este dată de relația (8); ea este proporțională cu $\left(a_f + \frac{l}{\tau}\right)\sqrt{\mu\rho\omega}$. Valoarea reactanței înfășurării statorului este dată de relația:

$$x_1 = 4\pi f \mu_0 \frac{\omega_1^2}{pt} l(\lambda_c + \lambda_f + \lambda_\delta), \qquad (19)$$

unde:

t este numărul de crestături pe pol și fază;

l — lungimea mașinii;

λ_c — permeanța specifică a crestăturii care depinde numai de raporturile dimensiunilor crestăturii;

λ_f — permeanța specifică a părților frontale ale înfășurării, proporțională cu $t\frac{\tau}{l}$;

λ_δ — permeanța specifică de scăpări în întrefier, proporțională cu $t\frac{\tau}{\delta}$.

Pentru micșorarea alunecării critice nu este recomandabil să se mărească x_1, deoarece aceasta duce și la micșorarea momentului critic.

Examinînd mașini, geometric asemenea, cu rotoare din același material și considerînd $\mu = \text{const.}$, se obține:

$$\frac{r'_{20}}{x_1} \equiv \frac{1}{l\sqrt{f}}, \text{ respectiv } s_{cr} \equiv \frac{1}{l^2 f}. \qquad (20)$$

Relația dintre dimensiunile mașinii și putere se obține din constanta universală a mașinii, după Arnold:

$$C_A = \frac{D^2 ln}{P'},$$

în care P' este puterea de gabarit, adică puterea nominală a mașinii asincrone cu rotor normal de același gabarit.

Astfel, pentru o serie de mașini geometric asemenea, la o viteză de rotație dată, rezultă că:

$$s_{cr} \equiv (P')^{-\frac{2}{3}}, \qquad (21)$$

deci că, la frecvența dată, alunecarea critică scade cu creșterea puterii de gabarit. În figura 13 este dată variația $s_{cr} = f(P')$ pentru $f = 50$ Hz, $p = 2$, $\frac{l}{D} \approx 0{,}6$; pentru aceste mașini $s_{cr} = 5 - 10$ la $P' = 5 - 15$ kW, $s_{cr} = 1$ la $P' = 120 - 130$ kW, iar la $P' = 800 - 900$ kW alunecarea critică ajunge atît de

mică încît în sarcină mașina funcționează la alunecare destul de mică, pierderile în rotor fiind mici și randamentul ridicat. Aceste concluzii sînt confirmate de măsurările experimentale. Astfel, turboalternatoarele de putere

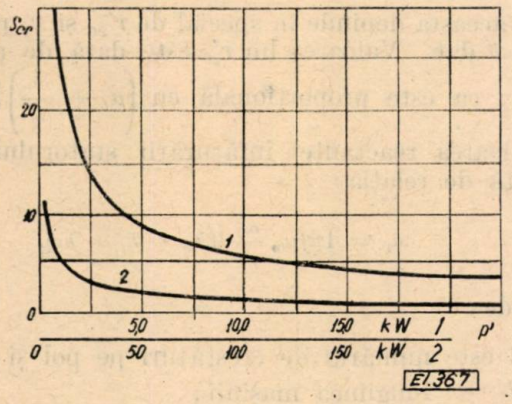


Fig. 13. Variația alunecării critice a motorului asincron cu rotor masiv neted cu puterea de gabarit (puterea nominală a mașinii asincrone cu rotor normal de același gabarit) pentru $f = 50$ Hz, $p = 2$ și $\frac{l}{D} \approx 0{,}6$.

mare cu rotor masiv, la întreruperea excitației pot duce o sarcină activă mare la alunecări mici (0,3 — 0,5%).

La gabarite date ale mașinii cu rotor masiv, micșorarea s_{cr} se poate obține prin mărirea frecvenței rețelei de alimentare. Cu creșterea frecvenței la flux constant $\left(\frac{U}{f} = \text{const.}\right)$ momentul critic crește datorită micșorării lui b.

În ceea ce privește alunecarea critică mai sînt necesare studii care să stabilească forma optimă a mașinii, numărul optim de poli etc.

La comparația mașinii cu rotor masiv cu aceea cu rotor normal se consideră că statoarele lor sînt identice ca circuite electrice și magnetice. Comparația se va face în unități relative, mărimile comparate raportîndu-se la valorile critice, indicele m arătînd că mărimea respectivă se referă la mașina cu rotor masiv, iar indicele n, la mașina cu rotor normal.

$\frac{M_m}{M_{crm}}, \frac{I'_{2m}}{I'_{2crm}}$ sînt calculate cu relațiile (14) — (18), iar mărimile $\frac{M_n}{M_{crn}}, \frac{I'_{2n}}{I'_{2crn}}$, cu relațiile următoare:

$$\frac{M_n}{M_{crn}} = \frac{2(1+q_n)}{\frac{s}{s_{crn}} + \frac{s_{crn}}{s} + 2q_n},$$

$$\frac{I'_{2n}}{I'_{2crn}} = \sqrt{\frac{2(1+q_n)}{\left(\frac{s_{crn}}{s}\right)^2 + 2q_n\frac{s_{crn}}{s} + 1}},$$

$$M_{crn} = \pm\frac{U^2}{2\sigma x_1}\cdot\frac{1}{\pm b + \sqrt{b^2+(1+\sigma d)^2}},$$

$$I'_{2crn} = \frac{U^2}{\sqrt{2}\,x_1}\cdot\frac{1}{\sqrt{b^2+(1+\sigma d)^2 \pm b\sqrt{b^2+(1+\sigma d)^2}}},$$

$$x_{crn} = \frac{\sigma r'_{20}}{x_1}\cdot\frac{1}{\sqrt{b^2+(1+\sigma d)^2}};\quad q_n = \frac{\pm b}{\sqrt{b^2+(1+\sigma d)^2}};$$

$$b = \frac{r_1}{x_1};\quad d = \frac{x''_2}{x_1}.$$

b) *Caracteristica mecanică.* În figura 14 se compară caracteristica mecanică a mașinii cu rotor masiv, neluînd în considerare variația saturației (curba continuă) cu aceea a mașinii cu rotor normal (curba trasată cu linie de ax). De aici rezultă că mașina cu rotor masiv poate avea caracteristici de funcționare și pornire mai bune decît mașina cu rotor normal: raportul $\frac{M}{M_{cr}}$ la mașina cu rotor masiv este mai mare decît la mașina cu rotor normal pentru orice alunecare, caracteristica mecanică fiind mai rigidă pentru $s < s_{cr}$ și descrescînd mai încet decît la mașina cu rotor normal pentru $s > s_{cr}$. Saturația micșorează momentul electromagnetic, apropiind caracteristica mecanică a mașinii cu rotor masiv (curba reprezentată cu linie întreruptă) de aceea a mașinii cu rotor normal.

c) *Momentul critic.* Curba $m_{cr}\,(b) = \frac{M_{crm}}{M_{crn}}$ este reprezentată în figura 15. De aici se vede că numai la puteri de gabarit foarte mici momentele maxime ale mașinii cu rotor masiv sînt mai mici decît momentele maxime ale mașinii cu rotor normal; la puteri de gabarit mici, medii și mari, practic, totdeauna $M_{crm} > M_{crn}$.

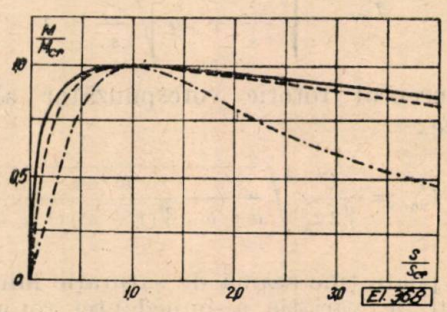


Fig. 14. Comparație între caracteristica mecanică a mașinii cu rotor masiv (neluînd în considerare variația saturației — curba continuă, și luînd în considerare saturația — curba reprezentată cu linie întreruptă) și aceea a mașinii cu rotor normal (curba trasată cu linie de ax).

d) *Curentul rotoric critic.* În figura 16 este reprezentată funcția $i_{2cr}(b) = \frac{I'_{2crm}}{I'_{2crn}}$; rezultă de aici că pentru $b < 1$ și $\sigma d > 1$, I'_{2crm} depășește cu mai mult de 40% curentul I'_{2crn}.

e) *Factorul de calitate* $\xi = \frac{M}{I_2'}$. În figura 17 sînt reprezentate curbele $\frac{\xi_m}{\xi_n}$ în funcție de s pentru $s_{crm} = 8$ și $s_{crn} = 0{,}2$ (curba continuă), respectiv $s_{crm} = 10$ și $s_{crn} = 0{,}5$ (curba

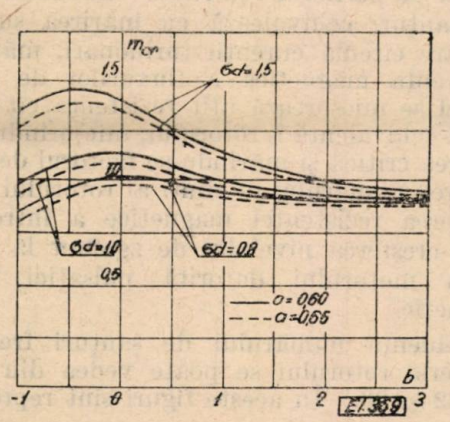


Fig. 15. Variația cu $b = \frac{r_1}{x_1}$ a raportului $m_{cr} = \frac{M_{crm}}{M_{crn}}$ dintre momentul critic al mașinii cu rotor masiv și cel al mașinii cu rotor normal.

punctată). Rezultă că valorile alunecărilor critice ale celor două mașini au o mare influență asupra acestor curbe. La alunecări mici, acest raport este 0,7 — 0,8 crescînd apoi repede cu s. La alunecări mari, factorul de calitate al mașinii cu rotor masiv poate depăși de cîteva ori factorul de calitate al mașinii cu rotor normal, chiar la s_{crn} mărite.

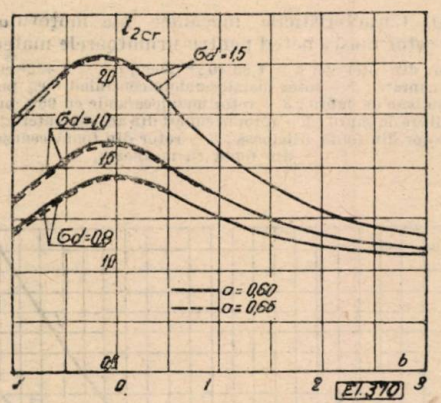


Fig. 16. Variația cu $b = \frac{r_1}{x_1}$ a raportului $i_{2cr} = \frac{I'_{2crm}}{I'_{2crn}}$ dintre curentul rotoric la alunecarea critică a mașinii cu rotor masiv și cel al mașinii cu rotor normal.

Se mai poate arăta că pierderile în înfășurarea statorului mașinii cu rotor masiv în timpul regimurilor tranzitorii mecanice sînt, în general, mult mai mici, iar durata regimurilor tranzitorii mecanice este mai mică decît la mașina cu rotor normal, dacă momentele de inerție sînt aceleași.

Din aceste comparații rezultă noi domenii în care motorul cu rotor masiv este recomandabil a fi utilizat: acționările cu porniri și reversări dese etc.

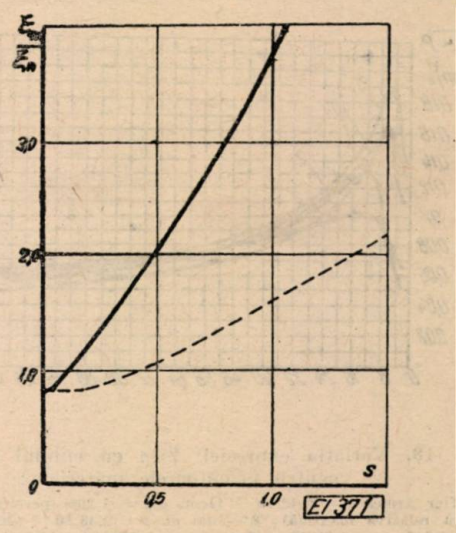


Fig. 17. Variația, cu alunecarea s, a raportului factorilor de calitate $\xi = \frac{M}{I_2'}$ al mașinii cu rotor masiv și al mașinii cu rotor normal pentru $s_{crm} = 8$ și $s_{crn} = 0{,}2$ (curba continuă), respectiv $s_{crm} = 10$ și $s_{crn} = 0{,}5$ (curba punctată).

7. Influența diferiților factori asupra caracteristicilor mașinii asincrone cu rotor masiv

1) *Materialul rotorului.* Caracteristicile de funcționare a mașinii cu rotor masiv depind într-o anumită măsură de materialul din care este executat rotorul. Din relația (8) rezultă că rezistența echivalentă a rotorului este proporțională cu $\sqrt{\mu\rho}$ și deci, pentru micșorarea rezistenței și reactanței rotorului, acesta trebuie să se facă dintr-un material de μ și ρ mici. Se știe însă că, pentru sortimentele obișnuite de oțeluri și fonte, creșterea adaosurilor din fier duce, în același timp, la micșorarea permeabilității magnetice și la creșterea rezistivității în așa fel încît produsul $\mu\rho$ la un cîmp magnetic dat nu variază în limite prea largi pentru materialele obișnuite. În figura 18 sînt reprezentate aceste curbe pentru aliaje de fier de compoziție chimică obișnuită: 1) fier Armco $\rho = 1{,}42 \cdot 10^{-5}$ Ωcm, $\mu_m = 1\,290$ (permeabilitatea magnetică relativă maximă); 2) oțel cu $\rho = 2{,}33 \cdot 10^{-5}$ Ωcm, $\mu_m = 570$; 3) oțel cu $\rho = 1{,}83 \cdot 10^{-5}$ Ωcm, $\mu_m = 1\,432$; 4) oțel cu $\rho = 2{,}19 \cdot 10^{-5}$ Ωcm, $\mu_m = 880$; 5) fontă cu $\rho = 5{,}2 \cdot 10^{-5}$ Ωcm, $\mu_m = 194$. Din această figură rezultă că, în domeniul cîmpurilor magnetice intense, curbele $\sqrt{\mu\rho}$ diferă puțin unele de altele și deci variația parametrilor rotorului este posibilă doar în limite mici, prin alegerea unui aliaj obișnuit de fier din care să se facă rotorul. Această concluzie este confirmată de familia de curbe $M(s)$ reprezentată în figura 19; curbele din

această figură, ca și cele din figura 18, s-au notat cu aceleași cifre ca mai sus.

Caracteristicile mașinii cu rotor masiv se pot îmbunătăți sensibil luînd materiale speciale

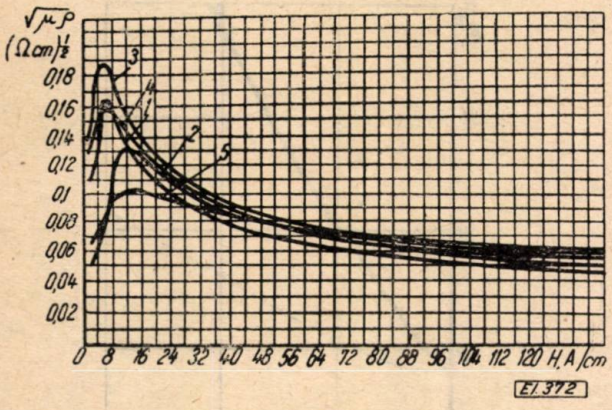


Fig. 18. Variația expresiei $\sqrt{\mu\rho}$ cu cîmpul magnetic H pentru următoarele materiale:

1 — fier Armco $\rho = 1{,}42.10^{-5}$ Ωcm, $\mu_m = 1\,290$ (permeabilitatea magnetică relativă maximă); *2* — oțel de $\rho = 2{,}33.10^{-5}$ Ωcm, $\mu_m = 570$; *3* — oțel de $\rho = 1{,}83.10^{-5}$ Ωcm, $\mu_m = 1\,432$; *4* — oțel de $\rho = 2{,}19.10^{-5}$ Ωcm, $\mu_m = 880$; *5* — fontă de $\rho = 5{,}2.10^{-5}$ Ωcm, $\mu_m = 194$.

pentru rotor. Aceasta reiese din figura 20 în care sînt reprezentate curbele $n(M)$ pentru rotoarele următoare: 1) rotor din oțel cu $\rho = 1{,}83.10^{-5}\,\Omega$ cm, $\mu_m = 1\,432$, cu suprafețele frontale acoperite cu un strat de cupru; 2) rotor metaloceramic conținînd 80% pulbere de fier și 20% pulbere de cupru; 3) rotor metaloceramic cu 95% pulbere de fier și 5% pulbere de cupru; 4) rotor din același material ca la punctul 1; 5) rotor din fontă ferosilicioasă; 6) rotor din fontă cenușie; 7) rotor din fontă cu magneziu.

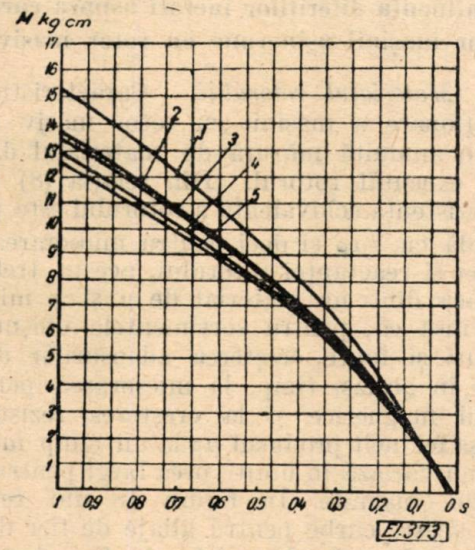


Fig. 19. Caracteristicile mecanice $M(s)$ ale motorului asincron cu rotor masiv neted pentru cîteva materiale feromagnetice obișnuite. Curbele sînt notate cu aceleași cifre ca în figura 18.

În concluzie caracteristicile de funcționare a motorului se pot îmbunătăți sensibil numai dacă se utilizează pentru rotor materiale de rezistivitate și permeabilitate magnetică mici, ca materiale metaloceramice, fier Armco etc.

b) *Numărul de crestături frezate pe periferia rotorului.* O îmbunătățire a caracteristicilor mașinii cu rotor masiv se poate obține prin frezarea unui număr de șanțuri axiale înguste și adînci pe periferia rotorului. Executarea acestor șanțuri echivalează cu mărirea suprafeței pe care circulă curenții turbionari, mărindu-se rezistența magnetică a fluxurilor de scăpări. Astfel se micșorează atît rezistența, cît și reactanța echivalentă a rotorului, micșorîndu-se alunecarea critică și mărindu-se factorul de putere. Mărirea numărului de dinți ai rotorului duce la creșterea rezistenței magnetice a întrefierului și la creșterea nivelului de zgomot la funcționarea motorului datorită pulsației fluxului magnetic.

Influența numărului de șanțuri frezate pe periferia rotorului se poate vedea din figurile 21, 22 și 23. În aceste figuri sînt reprezentate

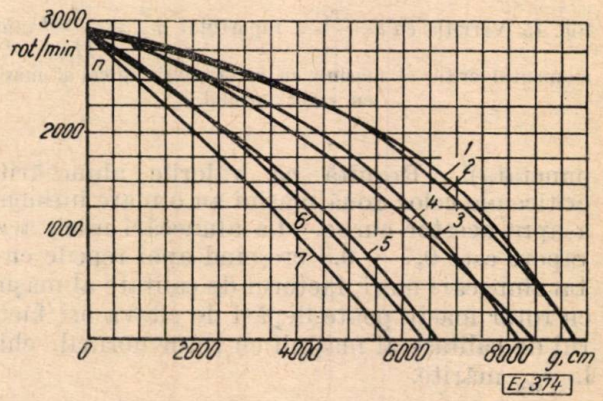


Fig. 20. Caracteristicile mecanice ale motorului asincron cu rotor masiv neted pentru următoarele materiale:

1 — rotor din oțel de $\rho = 1{,}83.10^{-5}$ Ωcm, $\mu_m = 1\,432$ cu suprafețele frontale cuprate; *2* — rotor metaloceramic conținînd 80% pulbere de fier și 20% pulbere de cupru; *3* — rotor metaloceramic cu 95% pulbere de fier și 5% pulbere de cupru; *4* — rotor necuprat din același material ca la punctul *1*; *5* — rotor din fontă ferosilicioasă; *6* — rotor din fontă cenușie; *7* — rotor din fontă cu magneziu.

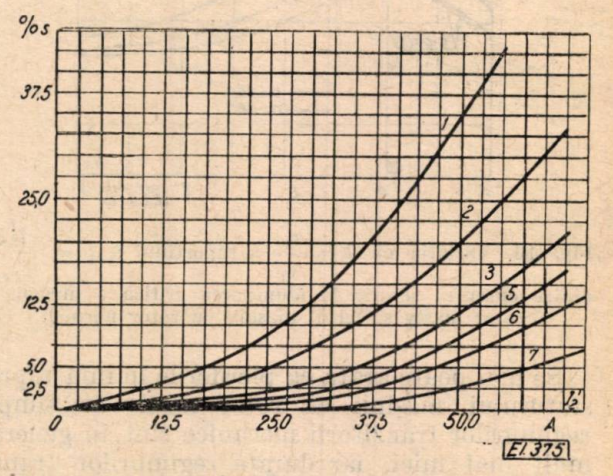


Fig. 21. Curbele $s\,(I_2')$ pentru un motor de 5,5 kW, 120 V, 36 A, 1 500 rot/min cu cîteva tipuri de rotoare masive cu diametrul de 190 mm (lungimea fierului statorului $l_s = 105$mm). Curbele sînt notate cu aceleași cifre ca în tabela 1.

caracteristicile unui motor de 5,5 kW, 120 V, 1500 rot/min (viteză sincronă), curentul nominal 36 A, diametrul rotorului 190 mm, diametrul interior al statorului 190,8 (întrefier 0,4 mm),

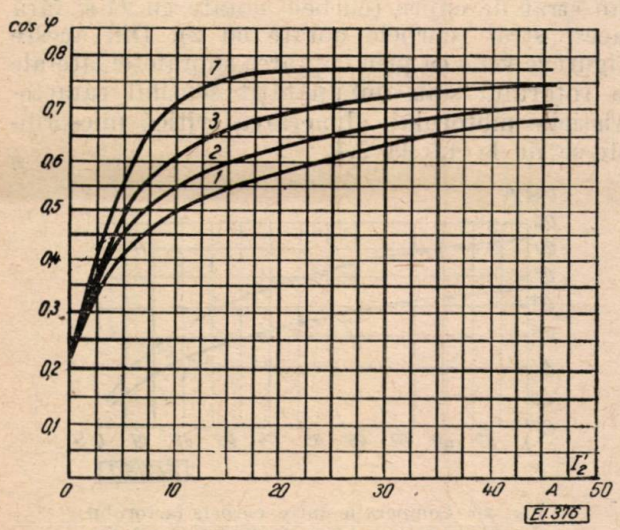


Fig. 22. Curbele cos $\varphi = f(I_2')$ pentru cîteva tipuri de rotoare masive pentru același motor ca în figura 21. Curbele sînt notate cu aceleași cifre ca în tabela 1.

lungimea firului statorului $l_s = 105$ mm, lungimea rotorului $l_r = 105$ mm, respectiv 190 mm. Curentul de scurtcircuit la tensiunea nominală pentru mașina cu rotor normal (din tole și colivie formată din 43 conductoare cu diametrul 8 mm și cu inel de scurtcircuitare de 11×22 mm) este de 180 A. Rotorul masiv a fost construit din fier moale (circa 0,15 % C).

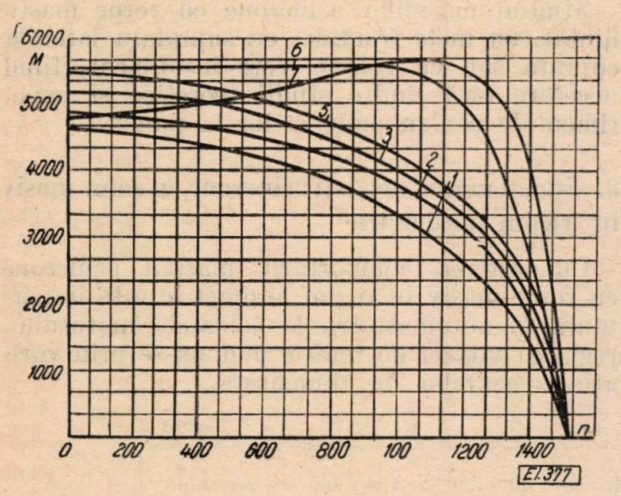


Fig. 23. Curbele $M(n)$ pentru cîteva tipuri de rotoare masive pentru același motor ca în figura 21. Curbele sînt notate cu aceleași cifre ca în tabela 1.

Curenții de scurtcircuit la tensiunea nominală pentru diferite tipuri de rotoare sînt dați în tabela 1.

Tabela 1

Nr.	$I_{sc}(A)$	Tipul rotorului
0	85	$l_r = 190$ mm $> l_s$, rotor neted
1	82	$l_r = l_s$, rotor neted și fără inele frontale
2	106	$l_r = l_s$, rotor neted și cu inele frontale
3	112	$l_r = l_s$, rotor cu 8 dinți și cu inele frontale
4	76	$l_r = l_s$, rotor cu 8 dinți și fără inele frontale
5	116	$l_r = l_s$, rotor cu 8 dinți și cu inele frontale (suprafața de contact cositorită)
6	126	$l_r = l_s$, rotor cu 16 dinți și cu inele frontale
7	135	$l_r = l_s$, rotor cu 32 dinți și cu inele frontale

Curbele din figurile 21 — 23 sînt notate cu cifrele corespunzătoare din tabelă. Din aceste încercări rezultă că curentul de scurtcircuit crește, apropiindu-se de cel al motorului cu rotor normal, alunecarea scade, iar factorul de putere crește cu mărirea numărului de șanțuri (nr. 2, 3, 6 și 7) la un curent dat; alunecarea critică scade cu creșterea numărului de șanțuri, forma curbei $M(n)$ apropiindu-se de aceea a motorului cu rotor normal.

c) *Inelele frontale.* Caracteristicile mașinii cu rotor masiv se îmbunătățesc dacă se montează inele frontale din material mult mai bun conducător decît materialul din care e făcut rotorul (cupru, bronz, alamă). Ele reduc influența efectelor marginale frontale, micșorînd componentele tangențiale ale densității de curent. Micșorarea impedanței echivalente a rotorului datorită inelelor frontale este pronunțată la mașinile scurte, efectul lor scăzînd cu creșterea raportului $\frac{l}{\tau}$. Aceste afirmații sînt confirmate de figurile 21 — 23 și tabela 1 (nr. 1, 2, 3, 4); efectul lor crește (nr. 3, 5) prin cositorirea suprafețelor de contact, care micșorează rezistența de contact.

Același efect se obține și prin acoperirea suprafețelor frontale pe cale electrolitică cu un strat de cupru (fig. 20, curbele 1 și 4).

O îmbunătățire a caracteristicilor motorului, dar mai mică, se obține prin utilizarea unor rotoare de lungime mai mare decît a fierului statorului (nr. 0 și 1).

d) *Cuprarea suprafeței laterale a rotorului.* O micșorare puternică a impedanței echivalente a rotorului se poate obține și prin acoperirea pe cale electrolitică a suprafeței laterale a rotorului cu un strat de cupru. Cu creșterea grosimii Δ a stratului de cupru scade rezistența echivalentă a rotorului, dar cresc pierderile în înfășurarea statorului datorită creșterii curen-

tului de magnetizare și cresc pierderile datorită armonicilor dentare ale cîmpului magnetic. Maximele momentelor armonicilor cîmpului magnetic pot să ajungă pînă la 15% din momentul de pornire. Pierderile de putere pe supra-

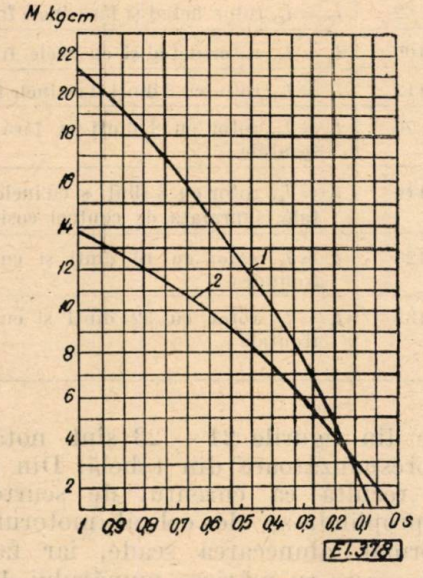


Fig. 24. Comparație între caracteristica mecanică $M(s)$ a unui motor cu rotor masiv neted din fier Armco cu suprafața laterală acoperită (curba *1*) și neacoperită (curba *2*) cu un strat de cupru.

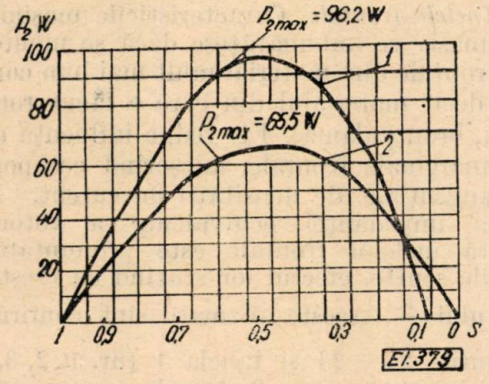


Fig. 25. Comparație între curbele puterii la arbore $P_2(s)$ pentru aceleași rotoare ca în figura 24.

fața rotorului datorită armonicilor dentare, pentru un raport al deschiderii crestăturilor statorului la întrefier egal cu 3 — 5, ajung în regim de motor pînă la 25 — 30% din puterea mecanică totală. Grosimea stratului de cupru în funcție de momentul de pornire s-a propus [35] a se lua din tabela 2.

În figurile 24 — 27 sînt reprezentate caracteristicile mecanice, puterea la arbore, factorul de putere și curentul statorului, ale aceluiași motor ale cărui caracteristici au fost reprezentate în figura 19, cu un rotor de fier Armco acoperit cu un strat de cupru (curbele notate cu *1*) și fără acest strat (curbele notate cu 2). Din aceste figuri se vede că prin cuprarea suprafeței laterale a rotorului s-au îmbunătățit sensibil caracteristicile motorului, alunecarea critică micșorîndu-se de la 4,5 la 2,7.

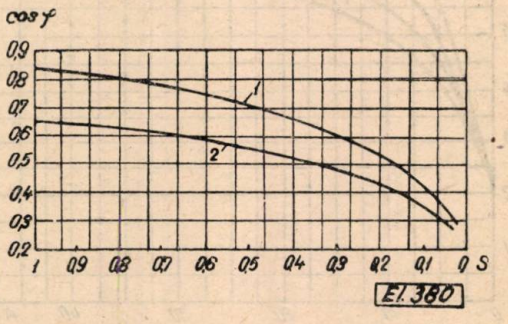


Fig. 26. Comparație între curbele factorului de putere cos $\varphi = f(s)$ pentru aceleași rotoare ca în figura 24.

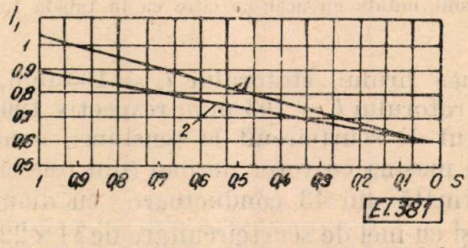


Fig. 27. Comparație între curenții statorului $I_1(s)$ pentru aceleași rotoare ca în figura 24.

Studiul mașinilor asincrone cu rotor masiv dințat, cu inele frontale, cu suprafața laterală cuprată sau cu colivie, este insuficient, fiind necesare încă multe studii teoretice și experimentale pentru punerea lor la punct.

8. Funcționarea mașinii asincrone cu rotor masiv în regim nesimetric

Cunoașterea comportării mașinii asincrone cu rotor masiv în regim nesimetric este importantă în automatizări, la comanda motorului, reglarea vitezei de rotație făcîndu-se prin variația tensiunilor de alimentare.

Tabela 2

M_p, gcm	20—30	30—50	50—80	80—120	120—200	200—300
Δ, mm	0,10	0,10—0,15	0,15—0,20	0,20—0,25	0,25—0,30	0,30—0,35

În figura 28 sînt reprezentate caracteristicile mecanice ale unui motor cu rotor feromagnetic masiv la alimentarea bifazată, pentru dife-

rite valori ale tensiunii la faza principală și o valoare constantă a tensiunii la faza auxiliară. Caracteristicile mecanice au o alunecare critică $s_{cr} > 1$, mașina avînd o funcționare stabilă în domeniul $s = 0 - 1$.

Forma caracteristicilor mecanice ale motorului asincron cu rotor masiv cu condensator depinde în mare măsură de tipul cîmpului magnetic învîrtitor care, la rîndul său, depinde de tensiunea la faza principală U_A, raportul de transformare k (raportul produsului numărului de spire cu coeficientul de bobinaj pentru înfășurarea auxiliară la cel pentru înfășurarea principală) și capacitatea C a condensatorului. Variind U_A, k sau C se poate schimba mult forma caracteristicilor mecanice. În anumite condiții motorul cu rotor feromagnetic masiv utilizat în automatică poate avea caracteristici mecanice cu momentul maxim la alunecări mai mici decît unitatea, deși la alimentarea simetrică aceasta se întîmplă întotdeauna la alunecări mai mari ca unitatea.

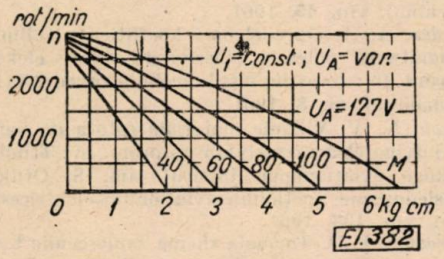


Fig. 28. Caracteristicile mecanice $n(M)$ ale unui motor asincron cu rotor masiv la alimentarea bifazată pentru diferite valori ale tensiunii la faza principală și o valoare constantă a tensiunii la faza auxiliară.

Reglarea vitezei de rotație la motorul cu rotor masiv cu condensator se face, în majoritatea cazurilor, prin variația tensiunii la faza principală; variația tensiunii la faza cu condensator sau variația simultană a tensiunii la ambele faze nu asigură o reglare suficient de largă. Acestea sînt confirmate de rezultatele obținute pentru $n(M)$ la un motor cu condensator de acționare a unei bormașini dentare de putere nominală 40 W, $U_1 = 127$ V, $C = 3{,}5$ μF, $f = 50$ Hz, 2700 rot/min (fig. 29)) Pentru $U_A = U_1 = 127$ V, caracteristica mecanică a motorului este analogă cu caracteristica motorului asincron cu rotor normal; ea este rigidă la viteze mari de rotație, atinge un maxim la 1800 rot/min și apoi scade la micșorarea vitezei de rotație, funcționarea motorului devenind instabilă. La micșorarea tensiunii U_A, se micșorează momentul învîrtitor, schimbîndu-se forma curbei $M(n)$: caracteristicile mecanice devin mai „moi"; maximele lor se deplasează spre viteze de rotație mici sau negative, micșorîndu-se zona nestabilă de funcționare.

În cazul $U_1 = U_A =$ var., la micșorarea tensiunii de alimentare momentul se micșorează rămînînd, practic, constant pentru limite largi de variație a vitezei de rotație. În cazul $U_1 = $ = var., $U_A =$ const., forma caracteristicilor rămîne aceeași, ca în cazul $U_1 = U_A = 127$ V, prezentînd un domeniu destul de larg de funcționare nestabilă.

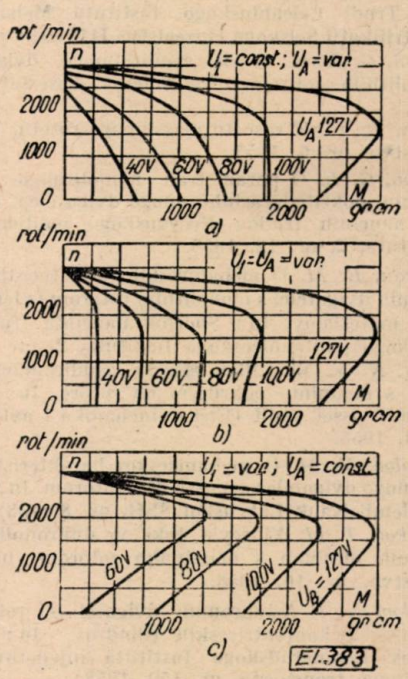


Fig. 29. Caracteristicile mecanice $n(M)$ ale unui motor de 40 W, $U = 127$ V, $C = 3{,}5$ μF, $f = 50$ Hz, 2700 rot/min alimentat după schema din figura 2:
a – U_1 = const., U_A = var; b – $U_1 - U_A$ = var; c – U_1 = var., U_A = const.

De aci rezultă că funcționarea mașinii asincrone cu rotor masiv, în special cu condensator de pornire, în regim nesimetric, este insuficient studiată teoretic și experimental.

Bibliografie

[1] *Șenfer, K. I.* Rotor asinhronnogo dvigatelea v vide massivnogo jeleznogo țilindra. In: Elektricestvo, nr. 2, 1925.

[2] *Bruk, I. S.* Teoriia asinhronnogo dvigatelea s massivnîm rotorom (I). In: Vestnik teoreticeskoi i eksperimentalnoi elektrotehniki, **I**, nr. 2, 1928, p. 58–67.

[3] *Bruk, I. S.* Teoriia asinhronnogo dvigatelea s massivnîm rotorom (**II**), In: Vestnik eksperimentalnoi i teoreticeskoi elektrotehniki, **II**, nr. 5, 1929, p. 175–193.

[4] *Pliușci, B. M.* Indukționnîi dvigatel s massivnîm rotorom. In: Izvestiia Azerbaidjanskogo industrialnogo Instituta, **I**, 1930.

[5] *Pliușci, B. M.* Asinhronnîi dvigatel s rotorom iz jeleznîh plastin. In: Elektricestvo, nr. 23/24, 1931.

[6] *Șenfer, K. I.* Asinhronnîe mașinî. GNTI, Moscova-Leningrad, 1931, p. 13–14, 173–180.

[7] *Markvardt, E.G.* Vihrevîe toki v ferromagnitnîh telah. In: Elektricestvo, nr. 8, 1934.

[8] *Efros, A. M.* Nekotorîe sootnoșeniia v asinhronnom dvigatele s mednîm pokrîtiem na rotore. In: Vestnik elektropromîșlennosti, nr. 10/11, 1946.

[9] *Neiman, L. R.* Poverhnostnîi effekt v ferromagnitnîh telah. Moscova, Gosenergoizdat, 1949.

[10] *Kostenko, M. P.* Elektriceskie mașinî, speț. ceast. Moscova, Gosenergoizdat, 1949.

[11] *Birulea, I. N.* Rascet osnovnîh harakteristik asinhronnogo dvigatelea s massivnîm gladkim rotorom. In : Trudî Celeabinskogo Instituta Mehanizații i Elektrifikații Selskogo Hozeaistva, **III**, 1949, p. 53—80.

[12] *Birulea, I. N.* K voprosu o harakteristike privedennîh soprotivlenii, vektornoi diagramme i sheme zameșceniia asinhronnogo dvigatelea s massivnîm gladkim rotorom. In : Trudî Celeabinskogo Instituta Mehanizații i Elektrifikații Selskogo Hozeaistva **III**, 1949, p. 81—88.

[13] *Areșean, G. L.* K teorii asinhronnogo dvigatelea s monolitnîm rotorom. Avtoreferat dissertații, M.E.I. 1952.

[14] *Balean, R. H.* K rascetu massivnogo rotora. In : Elektricestvo, nr. 6, 1955.

[15] *Areșean, G. L.* O parametrah monolitnogo rotora s mednîm pokrîtiem asinhronnogo dvigatelea. În : Sbornik naucinîh trudov Erevanskogo politehniceskogo Instituta, **2**, nr. 12, 1956.

[16] *Dilanean, E. M.* O mehaniceskih harakteristikah asinhronnîh dvigatelei s monolitnîm rotorom iz ferromagnitnîh materialov. In : Sbornik naucinîh trudov Erevanskogo politehniceskogo Instituta, **2**, nr. 12, 1956.

[17] *Sineva, N. V.* Metodika rasceta asinhronnogo dvigatelea s mednîm pokrîtiem na rotore. In : Naucinîe dokladî vîsșei școlî (Elektromehanika i avtomatika), nr. 4, 1958.

[18] *Kuțevalov, V. M.* O mehaniceskoi harakteristike asinhronnogo dvigatelea s massivnîm rotorom. In : Izvestiia Akademii Nauk Latviiskoi SSR, nr. 8 (133), 1958.

[19] *Postnikov, I. M.* Vihrevîe toki v sinhronnîh i asinhronnîh mașinah s massivnîm rotorom. In : Elektricestvo, nr. 10, 1958.

[20] *Kargalov, N. I.* Asinhronnii dvigatel s rotorom iz monolitnîh konțentriceskih țilindrov. In : Sbornik trudov Leningradskogo Instituta injenerov jeleznodorojnogo transporta, nr. 159, 1958.

[21] *Șarov, V. S.* Harakteristiki visokoskorostnîh asinhronnîh dvigatelei s massivnîmi stalnîmi rotorami. În : Naucinîe dokladî vîsșei școlî (Elektromehanika i avtomatika), nr. 2, 1959.

[22] *Kuțevalov, V. M.* Obobșcennîe uravneniia otnositelnîh harakteristik asinhronnoi mașinî. In : Izvestiia Akademii Nauk Latviiskoi SSR, nr. 3 (140), 1959.

[23] *Șarov, V. S.* Issledovannie i rascet asinhronogo dvigatelea s massivnîm stalnîm rotorom. In : Elektricestvo, nr. 4, 1959.

[24] *Pik-Piceak, A. A.* K rascetu masivnogo rotora. In : Vestnik elektropromîșlennosti, nr. 6, 1959.

[25] *Kuțevalov, V. M.* Universalnîe otnositelnîe harakteristiki geometriceskie mesta tokov asinhronnoi muftî s massivnîm ferromagnitnîm iakorem. In : Izvestiia Akademii Nauk Latviiskoi SSR, nr. 11 (148), 1959.

[26] *Postnikov, I. M., Kiricek, G. M.* Shema zamesceniia mogofaznoi simmetricinoi mașinî s massivnîm rotorom. In : Elektricestvo, nr. 11, 1959.

[27] *Iuferov, F. M.* Elektriceskie dvigateli avtomaticeskih ustroistv. Moscova, Gosenergoizdat, 1959.

[28] *Lebedev, A. A.* Asinhronnîi dvigatel so sfericeskim massivnîm rotorom. In : Izvestiia vîsșih ucebnîh zavedenii (Elektromehanika), nr. 1, 1960.

[29] *Kuțevalov, V. M.* Otnositelnîe harakteristiki asinhronnîh mașin. In : Elektricestvo, nr. 6, 1960.

[30] *Kuțevalov, V. M.* O velicine kriticeskogo skoljeniia asinhronnogo elektrodvigatelea s massivnîm ferromagnitnîm rotorom. In : Izvestiia Akademii Nauk Latviiskoi SSR, nr. 6 (155), 1960.

[31] *Kuțevalov V. M.* Metodika rasceta harakteristik asinhronnoi mașinî s massivnîm rotorom. In : Elektricestvo, nr. 9, 1960.

[32] *Kuțevalov, V. M.* Obobșcennîe uravneniia harakteristik mehaniceskih perehodnîh proțessov asinhronnoi mașinî. În : Izvestiia Akademii Nauk Latviiskoi SSR, nr. 9 (158), 1960.

[33] *Kuțevalov, V. M.* Geometriceskie mesta tokov asinhronnoi mașinî s massivnîm rotorom. In : Izvestiia Akademii Nauk Latviiskoi SSR, nr. 12 (161), 1960.

[34] *Șarov, V. S.* Issledovanie harakteristik visokoskorostnogo asinhronnogo dvigatelea pri razlicinîh konstrukțiiah rotora. In : Izvestiia vîsșih ucebnîh zavedenii (Elektromehanika), nr. 1, 1961.

[35] *Talîșinskii, I. T.* Teoriia i rascet upravleaemogo asinhronnogo dvigatelea s omednennîm polîm ferromagnitnîm rotorom s ucetom vîsșih garmoniceskih m.d.s. i zubțovîh polei statora. In : Izvestiia Leningradskogo elektrotehniceskogo Instituta im. V. I. Uleanova (Lenina), vîp. **45**, 1961.

[36] *Lebedev, A. A.* Opredelenie koeffițienta ellipticinosti magnitnogo polea v massivnom rotore elektriceskoi mașinî. In : Izvestiia vîsșih ucebnîh zavedenii (Elektromehanika), nr. 8, 1961.

[37] *Sineva, N. V.* Vliianie materiala rotora na harakteristiki dvigatelea s massivnîm rotorom. In : Trudî Moskovskogo aviaționnogo Instituta im. S. Ordjonikidze (Issledovanie Spețialnîh aviaționnîh elektriceskih mașin), vîp. **133**, 1961.

[38] *Kuțevalov, V.M.* Tocinaia shema zameșceniia i godograf toka asinhronnoi mașinî s massivnîm rotorom. În : Elektricestvo, nr. 12, 1961.

[39] *Kuțevalov, V. M.* Asinhronnaia mașina s massivnîm rotorom. Riga, Izdatelstvo Akademii Nauk Latviiskoi SSR, 1962.

[40] *Schenfer, C.* Rotor des Asynchronmotors in Form eines massiven Eisenzylinders. In : Archiv für Elektrotechnik, nr. 2, 1926.

[41] *Gibbs, W. J.* Induction and synchronous Motors with unlaminated Rotors. In : Journal I.E.E., vol. **95**, part. II, 1948.

[42] *McConnell, H. M.* The polyphase induction Machine , with solid Rotor. In : Transactions A.I.E.E., vol **72**, part. III (Power Apparatus and Systems), april 1953.

[43] *McConnel, H. M., Sverdrup, E. F.* The induction Machine with solid iron Rotor. In : Transactions A.I.E.E., vol. **74**, part. III (Power Apparatus and Systems), iun 1955.

[44] *Lacroux, G.* Le moteur asynchrone à rotor massif. In : Électricien, nr. 1965, 1957.

[45] *Kesawamurthy, N., Rajagopalan, P. K.* The polyphase induction Machine with solid iron Rotor. In : Transactions A.I.E.E., vol. **78**, part. III (Power Apparatus and Systems), dec 1959.

[46] *Wood, A. J.* An Analysis of solid rotor Machines. Part. I. Operational Impedances and equivalent Circuits. In : Transactions A.I.E.E., vol. **78**, part. III (Power Apparatus and Systems), febr 1960.

[47] *Wood, A. J., Concordia, C.* An Analysis of solid rotor Machines. Part. II. The Effects of Curvature. In : Transactions A.I.E.E., vol. **78**, part. III (Power Apparatus and Systems), febr 1960.

[48] *Wood, A. J., Concordia, C.* An Analysis of solid rotor Machines Part. III. Finite Length Effects. In : Transactions A.I.E.E., vol. **79**, part. III (Power Apparatus and Systems), april 1960.

[49] *Wood, A. J., Concordia, C.* An Analysis of solid rotor Machines. Part. IV. An Approximate Nonlinear Analysis. In : Transactions A.I.E.E., vol. **79**, part. III (Power Apparatus and Systems), april 1960.

[50] *Postnikov, I. M.* Proiectarea mașinilor electrice. București, Editura energetică de stat, 1954.

Intrat în redacție la 15.12.1963

Proprietățile rășinilor epoxidice de turnare

Constantin Burdulea* — Craiova

CZ 621.315.616.96.048.81.002.3

În ultimii ani, industria electrotehnică folosește izolația turnată din rășini epoxidice pentru un număr tot mai mare de produse. S-a acumulat astfel o bogată experiență privind utilizarea concretă a rășinilor epoxidice de turnare, experiență care permite stabilirea avantajelor pe care le oferă folosirea izolațiilor turnate din rășini, în comparație cu izolațiile devenite tradiționale.

Există însă pericolul real ca, datorită numărului mare de produse care au apărut sub denumiri comerciale diferite și numărului mare de producători, beneficiarul să fie derutat în folosirea acestora.

Inginerii electrotehnicieni care cunosc, fără îndoială, mai bine aceste produse, sub denumirile lor comerciale, le folosesc, ca pe orice material nou, numai după multe încercări experimentale și după o temeinică cunoaștere a proprietăților specifice. Pentru a ușura această muncă s-au studiat proprietățile rășinii epoxidice de turnare romînești, Dinox-110, în comparație cu proprietățile altor rășini asupra cărora există o experiență de utilizare de mai mulți ani.

1. Proprietăți generale

Rășinile epoxidice de turnare au căpătat o largă utilizare în industria electrotehnică, datorită următoarelor proprietăți:

— întărirea lor se face printr-o reacție în care nu se degajă nici un fel de substanțe volatile care ar putea dăuna izolațiilor electrice;

— nu necesită presiuni de formare, ceea ce simplifică mult tehnologia de utilizare;

— temperatura lor de întărire este în limitele stabilității termice a materialelor izolante obișnuite;

— contracția pe care o au la întărire este destul de mică în comparație cu alte rășini;

— au aderență bună la cupru, la alte metale și la multe materiale nemetalice, ceea ce reprezintă o calitate pentru izolația turnată și o greutate la alegerea tehnologiei de turnare;

— permit turnarea cu toleranțe dimensionale suficient de strînse;

— izolația turnată are proprietăți mecanice și electrice bune și o mare rezistență la umezeală și agenți chimici;

— turnarea rășinilor permite o largă aplicare a mecanizării, simplificînd mult procedeele de izolare;

— folosirea izolației turnate modifică concepțiile asupra construcției produselor, permițînd reducerea considerabilă a greutății și dimensiunilor acestora;

— izolația turnată mărește siguranța în exploatare, eliminînd complet exploziile și este mai stabilă la acțiunile mecanice, ca: lovituri, vibrații, simplificînd în același timp foarte mult întreținerea.

Toate aceste proprietăți au contribuit la răspîndirea rășinilor epoxidice de turnare în industria electrotehnică și în continuare se urmărește extinderea utilizării lor. Această extindere este posibilă, deoarece intermediarii folosiți în fabricația rășinilor epoxidice se prepară pornind de la materii prime, ca propilenă, benzen și clor, din care țara noastră dispune de cantități apreciabile, baza de materii prime pentru producerea rășinilor epoxidice fiind în acest fel asigurată.

Rășinile epoxidice de turnare întărite sînt produse macromoleculare rezultate din reacțiile dintre rășinile termoplastice, denumite obișnuit rășini de bază, și un agent de întărire cum ar fi anhidrida ftalică, la care se pot adăuga și alte materiale.

De obicei, întreprinderile producătoare de rășini epoxidice livrează împreună cu rășina și întăritorul respectiv, indicînd raportul de amestec, toleranțele admise, temperatura, timpul de întărire și materialele de umplutură recomandate.

2. Caracteristicile rășinilor de bază și ale întăritorilor

Rășina epoxidică de turnare Dinox-110 se obține prin reacția de condensare dintre dian și epiclorhidrina [2]. Caracteristicile rășinii rezultate sînt prezentate în tabela 1, în comparație cu caracteristicile unor rășini străine.

Tabela 1

Caracteristica \ Rășina de bază		Dinox-110	Epoxy-2 000	Araldit-B
Greutate specifică	kg/cm³	1,165	1,15—1,20	1,15
Aspect	—	solidă	solidă	solidă
Punct de înmuiere	°C	52—58	55—65	56—66
Viscozitate la 120°C	cP	4— 5	—	—
Echivalent epoxy	%	0,20—0,25	0,20—0,25	0,22—0,28
Volatile	%	maximum 1	—	—

* Ing. *C. Burdulea* lucrează la laboratorul central al Uzinelor „Electroputere" — Craiova.

Cei mai importanți agenți de întărire pentru întărirea la cald a rășinilor epoxidice sînt anhidridele, dintre care cea mai utilizată este anhidrida ftalică. Agentul de întărire intră în componența rășinii întărite căreia îi conferă caracteristici specifice. Din această cauză este necesar ca la alegerea întăritorului să se dea atenție nu numai condițiilor tehnologice, ci și influenței acestora asupra caracteristicilor fizice ale rășinii de turnare întărite, care sînt influențate de întăritor.

Pentru întărirea rășinii Dinox-110 se întrebuințează anhidrida ftalică *F* produsă de Intreprinderea „Solventul" — Timișoara. Caracteristicile acestui întăritor sînt prezentate în comparație cu caracteristicile agenților de întărire întrebuințați pentru întărirea celorlalte rășini studiate în tabela 2.

Tabela 2

Caracteristica \ Întăritorul	F Dinox-110	F-1 Epoxy-2 000	901 Araldit-B
Greutate specifică kg/dm³	0,86	—	0,96
Conținut de anhidridă ftalică %	99	99	98
Temperatură de topire °C	130 06	130,5 06	132 —
Conținut de acid ftalic %			

Pentru caracterizarea anhidridelor ftalice este suficientă determinarea punctului de topire și a conținutului de anhidridă.

Ultima determinare este importantă, deoarece o dată cu creșterea conținutului de acid scade durata de întrebuințare a amestecului topit de rășină și agent de întărire [1].

3. Proprietățile rășinilor întărite

Extinderea utilizării rășinilor epoxidice de turnare, în special în industria electrotehnică, depinde în mare măsură de proprietățile electrice mecanice și termice ale izolațiilor turnate.

Obținerea unor proprietăți bune în domeniul preferat depinde de mai mulți factori [3], [4] și, în special, de respectarea unei tehnologii precise la turnarea izolației respective.

Probele folosite pentru stabilirea proprietăților care se vor prezenta în continuare au fost turnate liber și întărite la 130°C, fiind prelucrate apoi prin frezare sau strunjire pentru a le aduce la dimensiunile impuse de norme sau de condițiile experimentale.

3. 1. Proprietățile electrice

Izolațiile turnate din rășini epoxidice au, în general, proprietăți electrice bune. Pentru rășina epoxidică Dinox-110 (partida 10), aceste proprietăți sînt prezentate în tabela 3 comparativ cu proprietățile altor rășini determinate în aceleași condiții.

Datorită proprietăților lor electrice, rășinile epoxidice de turnare pot înlocui cu succes anumite materiale izolante utilizate pînă acum, ca uleiul mineral, hîrtia impregnată sau bachelizată, porțelanul etc.

Dintre proprietățile electrice ale rășinilor epoxidice de turnare pentru tehnica tensiunilor înalte, deosebit de importante sînt rigiditatea

Tabela 3

Rășina de bază		Dinox-110	Epoxy-2 000	Araldit-B
Întăritorul		F	F_1	901
Constanta dielectrică 20°C 50 Hz		3,53	3,7	3,77
Tg δ 20°C 50 Hz 500 V		$1 \cdot 10^{-2}$	$0{,}9 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Rezistivitatea de volum, Ω cm		10^{13}	10^{13}	10^{13}
Rezistivitatea de suprafață, Ω		10^{12}	10^{12}	10^{12}
Rigiditatea dielectrică (în ulei, 50 Hz),	kV/mm 2 mm	17,5 —20,5	16,6 —20	17,39—21,7
	valoarea medie	19,33	18,5	19,1
	4 mm	11,7 —12,43	13,37—14,75	11 —12,75
	valoarea medie	12,07	13,65	11,75
	6 mm	8,33—15,05	—	9,083—10,75
	valoarea medie	10,53	—	9,93
	8 mm	8,25— 9,62	—	7,82— 8,33
	valoarea medie	8,9	—	8,07

dielectrică și tensiunea de conturnare a izolației turnate.

Rigiditatea dielectrică depinde de omogenitatea structurii izolației și de grosimea izolației. Dependența rigidității dielectrice la 50 Hz de grosimea izolației turnate este prezentată în figura 1 pentru electrozi plani cu muchiile rotunjite conform STAS 6257-60.

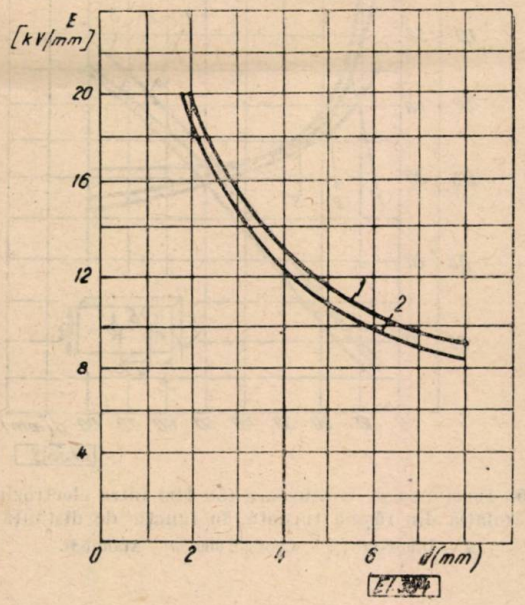


Fig. 1. Rigiditatea dielectrică a izolației din rășină epoxidică turnată, în funcție de grosime:
1 – Dinox-110; *2* – Araldit-B.

Prin examinarea izolației în locul străpungerii la tensiunea alternativă cu frecvența de 50 Hz pot fi observate următoarele particularități ale distrugerii acesteia: străpungerea are o formă de canal cu diametrul destul de mare (0,2 — 2 mm) și în unele cazuri are forma unor crăpături care pot fi recunoscute ușor după urmele de izolație descompusă (fig. 2, *a*, *b*, *c*).

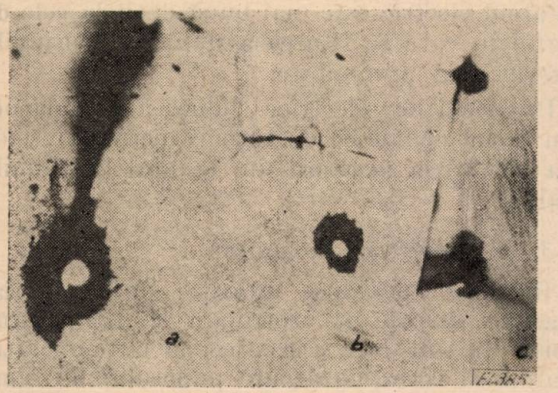


Fig. 2. Urme de străpungeri la izolația turnată din rășină epoxidică.

Aceste particularități pot fi explicate printr-o împărțire convențională a procesului de străpungere în două etape: etapa de perturbare a rigidității dielectrice reprezentînd începutul străpungerii pentru care este caracteristică creșterea curentului fără ridicarea tensiunii, și etapa de distrugere a dielectricului, însoțită de formarea canalului conductor.

Prima etapă este caracterizată prin procese de străpungere parțială și predetermină caracterul de desfășurare a celei de-a doua etape a străpungerii.

Mecanismul desfășurării celei de-a doua etape depinde însă și de durata de aplicare a tensiunii.

În interiorul izolației în care se desfășoară procesele de dezvoltare a străpungerii apar temperaturi înalte care ating sute de grade și chiar mai mult, aceste temperaturi fiind suficiente pentru distrugerea izolației epoxidice, care se produce la 300 — 350°C, și, în plus, acționează și forțe mecanice datorită tensiunilor interne care apar la diferențe mari de temperatură între puncte apropiate ale izolației.

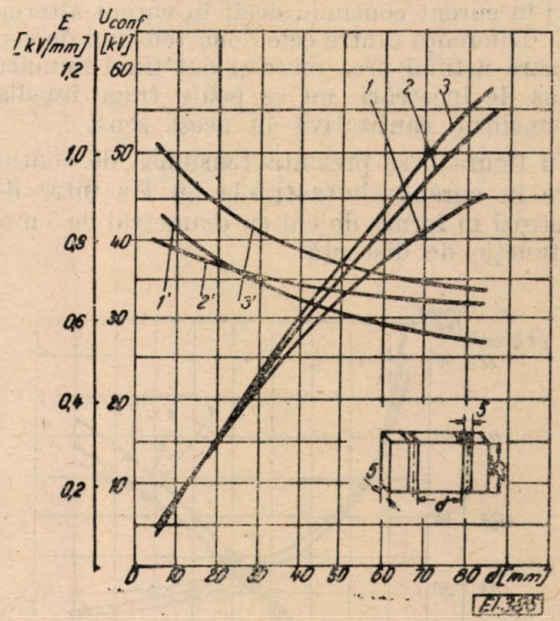


Fig. 3. Tensiunea de conturnare (50 Hz) între electrozii colier, pe suprafața prelucrată a izolației din rășină turnată, în funcție de distanță:
1 – Dinox-110; *2* – Epoxy-2 000; *3* – Araldit-B.

Astfel se explică faptul că, în afara canalelor specifice străpungerilor termice, apar și spărturi care evidențiază acțiunea unor tensiuni interne mari. La aplicarea de lungă durată a tensiunii, acțiunea combinată a cîmpului electric și termic duce, în general, la străpungere sub formă de canal, cîmpul electric avînd un efect preponderent în terminarea străpungerii.

Deoarece rășinile epoxidice se topesc și ard sub acțiunea arcului electric, diametrul canalului care se formează este mai mare decît eram obișnuiți în cazul altor dielectrici solizi.

Tensiunea de conturnare a izolației turnate din rășini epoxidice depinde de modul de prelucrare a suprafeței și de gradul de impurificare a ei. Tensiunea de conturnare la 50 Hz între doi electrozi colier, plasați pe suprafața unei bare din rășină întărită prelucrată prin presare, și gradienții de tensiune corespunzători sînt prezentați în figura 3, din care se observă că izolația din rășină Dinox-110 pentru distanțe mai mari de 25 mm conturnează mai ușor decît celelalte izolații.

Conturnarea suprafețelor prelucrate prin frezare se face la tensiuni mai mici decît la suprafețele rezultate din turnare, care sînt mai lucioase și deci permit mai greu aderarea impurităților.

În curent continuu, tensiunea de conturnare pe suprafața izolației din rășină prelucrată între doi electrozi colier variază în funcție de distanță, așa cum reiese din figura 4.

Tensiunile de conturnare pentru aceleași distanțe de izolare între electrozi sînt deci mai mici în curent continuu decît în curent alternativ. Diferența dintre cele două tensiuni de conturnare nefiind prea mare și dat fiind numărul redus de încercări, nu se poate trage imediat o concluzie cantitativă în acest sens.

În figura 5 se prezintă tensiunea de conturnare în curent alternativ la 50 Hz între doi electrozi în formă de cui cu diametrul de 5 mm, în funcție de distanță.

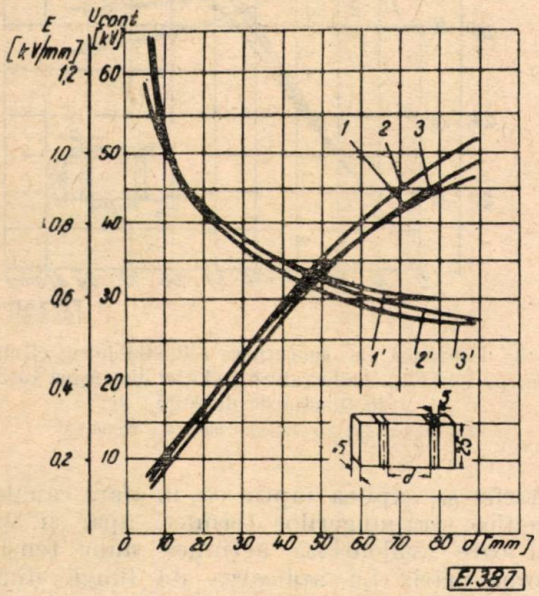


Fig. 4. Tensiunea de conturnare (c.c.) între electrozii colier, pe suprafața prelucrată a izolației din rășină turnată, în funcție de distanță :
1 – Dinox-110 ; *2* – Epoxy-2 000 ; *3* – Araldit-B.

Conturnările pentru măsurarea variației tensiunii de conturnare în funcție de distanță pentru toate cazurile prezentate mai sus s-au făcut pe suprafețe plane așezate orizontal în aer. Rezistența izolației turnate din rășini epoxidice la arcul electric format între electrozi la conturnare este destul de mare, în timpul acțiunii arcului izolația topindu-se și arzînd, însă la

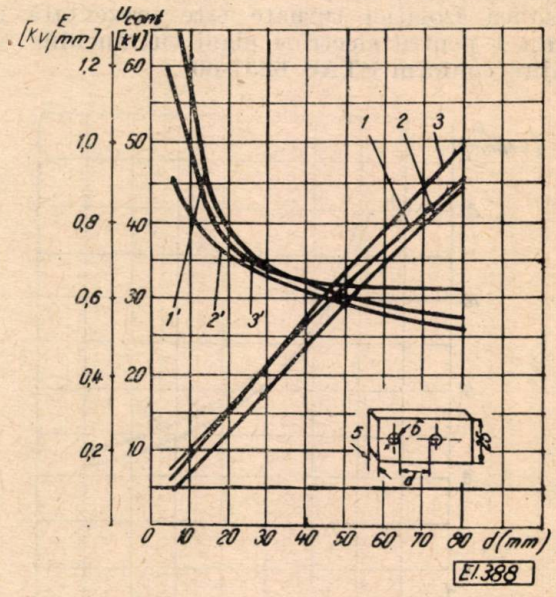


Fig. 5. Tensiunea de conturnare (50 Hz) între electrozii cui la izolația din rășină turnată, în funcție de distanță :
1 – Dinox-110 ; *2* – Epoxy-2 000 ; *3* – Araldit-B.

scurt timp după întreruperea arcului izolează din nou în condiții bune.

Pentru mărirea rezistenței suprafeței izolațiilor din rășini turnate prelucrate la acțiunea arcului electric se recomandă [4] ungerea suprafeței prelucrate cu un lac siliconic, rezistența la arcul electric crescînd chiar mai mult decît la izolații din rășini cu suprafețele neprelucrate și, în plus, crescînd și rezistența față de impurități în atmosfera industrială.

Comportarea izolațiilor din rășini epoxidice sub acțiunea temperaturilor locale dezvoltate de arcul electric este mai bună decît la cele din porțelan, care se fisurează datorită tensiunilor interne mai pronunțate.

Proprietățile electrice bune ale izolațiilor din rășini epoxidice de turnare permit extinderea utilizării acestora în tehnica tensiunilor înalte.

3. 2. Proprietăți mecanice

Rășinile epoxidice întărite sînt materiale plastice amorfe și izotrope ; la temperatura obișnuită sînt dure și elastice, iar la temperaturi mai mari corespunzătoare punctului de înmuiere devin plastic-elastice. Temperatura de înmuiere depinde de tipul rășinii și al întăritorului, de proporția de turnare și de vechimea lor [3]. Proprietățile mecanice ale rășinilor întărite, determinate în laborator în condiții obișnuite, sînt prezentate în tabela 4.

Tabela 4

Rășina de bază		Dinox-110	Epoxy-2 000	Araldit-B
Întăritorul		F	F—1	901
Rezistența la tracțiune	kgf/cm²	394— 675	337—780	810—970
valoarea medie		491,6	602,3	867,3
Alungirea maximă la tracțiune	%	2,6—5	4,4—6	6—9,6
valoarea medie		3,53	5,19	7,73
Rezistența la compresiune	kgf/cm²	1 260—1 410	1 240—1 320	1 260—1 520
valoarea medie		1 300	1 273,3	1 390
Rezistența la încovoiere	kgf/cm²	1 251—1 315	1 070—1 435	1 556—4 250
valoarea medie		1 272,3	1 191,66	2 454
Modulul de elasticitate	kgf/cm²	20 400	18 400—20 400	20 400
valoarea medie		20 400	19 733	20 400
Rezilienta	kgfcm/cm²	11,6—15,3	7,5—12,6	7,35—9,3
valoarea medie		13,38	10,3	8,54
Duritatea Brinell	kgf/mm²	22,2—22,7	22,7—23,7	20,3—21,2
valoarea medie		22,36	22,05	20,9

Din tabela 4 reiese că proprietățile mecanice ale rășinilor epoxidice de turnare sînt comparabile și uneori mai bune decît ale unor materiale izolante considerate, datorită proprietăților lor mecanice, de neînlocuit pentru anumite utilizări. Astfel, porțelanul electrotehnic, utilizat în construcția izolatoarelor de înaltă și foarte înaltă tensiune, deși are proprietăți mecanice bune la solicitări statice, în ceea ce privește rezistența la solicitări prin șoc, și în special reziliența, este inferior rășinilor epoxidice de turnare (porțelan 1,8 — 2,2 kgfcm/cm², rășini 7,35 — 15,3 kgfcm/cm²).

Dacă se ține seamă de prețul ridicat al produselor de porțelan care măresc mult prețul de cost al unor produse, ca întreruptoarele automate de înaltă tensiune, și de faptul că, datorită rezilienței reduse, izolatoarele rămîn partea cea mai slabă a acestor construcții, se poate justifica interesul care se acordă folosirii rășinilor epoxidice în construcția izolatoarelor [5].

În plus, fabricarea izolatoarelor din rășini este destul de ușoară, prin turnare în forme, permițînd producătorului de întreruptoare să fabrice singur izolatoarele și să permită orice modificare a construcției, care se dovedește necesară.

Proprietățile mecanice specifice permit rășinilor epoxidice o largă răspîndire în industria electrotehnică, avantajîndu-le față de unele materiale devenite tradiționale pentru proprietățile lor mecanice.

3. 3. Proprietăți termice

Proprietățile termice ale rășinilor epoxidice de turnare sînt tot atît de importante pentru electrotehnică, ca și proprietățile mecanice sau electrice, deoarece în exploatare izolațiile din aceste rășini sînt adeseori supuse temperaturilor înalte sau scăzute, care produc modificări calitative importante pentru durata și siguranța în exploatare a produselor pe care le folosesc.

În tabela 5 sînt prezentate cîteva proprietăți termice ale izolației turnate din rășină Dinox-110 și din alte rășini.

Tabela 5

Rășina de bază	Dinox-110	Epoxy-2 000	Araldit-B
Întăritorul	F	F—1	901
Stabilitatea termică Martens, °C	100—110	110—120	110—120
Coeficientul de dilatare liniară, mm/mm°C	51.10^{-6}	$58{,}6.10^{-6}$	$59{,}8.10^{-6}$
Conductibilitatea termică, kcal/mh °C	—	0,156	0,17
Temperatura de descompunere, °C	340—350	340—355	340—350

O deosebită importanță, în special în scopuri tehnologice, prezintă coeficientul de dilatare liniară a izolației din rășini de turnare atît la alegerea materialelor pentru formele de turnare, cît și a materialelor care pot fi înglobate în izolație (bobinaje, circuite magnetice etc.).

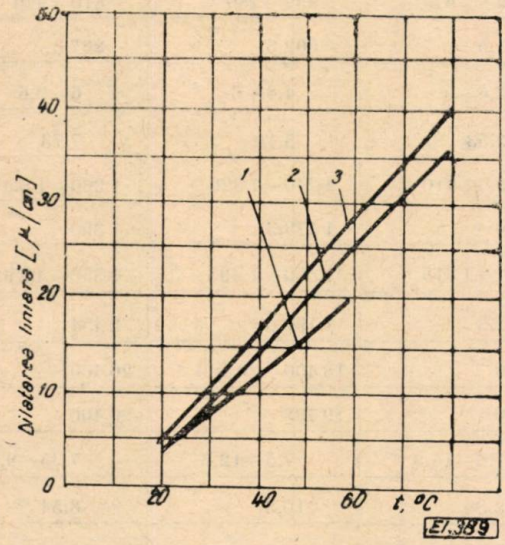


Fig. 6. Dilatarea liniară în funcție de temperatură :
1 — Dinox-110 ; *2* — Epoxy-2 000 ; *3* — Araldit-B.

În figura 6 sînt reprezentate dilatările liniare ale unor bare de izolație turnată din rășini, cu diametrul de 12 mm și cu lungimea de 65 mm, în funcție de temperatură, determinate cu ajutorul dilatometrului diferențial Feutron.

Coeficientul de dilatare liniară este aproximativ constant în domeniul temperaturilor

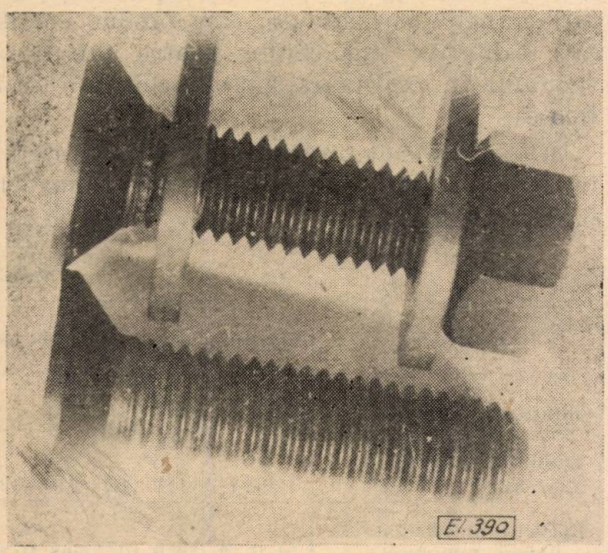


Fig. 7. Șuruburi M 6 × 25 mm, piuliță și șaibe din rășină Dinox-110.

20 — 100°C, la temperaturi mai mari fiind posibilă o scădere datorită înmuierii izolației din rășină.

3. 4. Proprietăți tehnologice

Rășinile epoxidice pot fi turnate în forme (cochilii), fără a utiliza presiuni mari și se întăresc la temperaturi cuprinse între 100 și 200°C, nedezvoltînd nici un fel de substanțe volatile care să dăuneze izolanților obișnuiți, aceasta fiind principala proprietate tehnologică a lor.

Alegîndu-se rațional construcția formei de turnare, materialul din care se execută aceasta, tratamentul ei și tehnologia de decofrare, se pot obține piese din cele mai complicate, cu un grad de precizie ridicat.

Rășinile turnate fără adaosuri de umplere se pot prelucra ușor, folosind metodele și sculele utilizate la prelucrările mecanice ale metalelor.

Un exemplu de piese obținute prin prelucrări mecanice din rășină Dinox-110 se prezintă în figura 7.

4. Proprietățile rășinilor turnate cu materiale de umplere

Pentru izolațiile din rășini epoxidice care nu necesită prelucrări ulterioare, duritatea rășinilor cu adaosuri din anumite materiale crescînd foarte mult (fig. 8), se folosesc în mod curent rășini turnate cu materiale de umplutură.

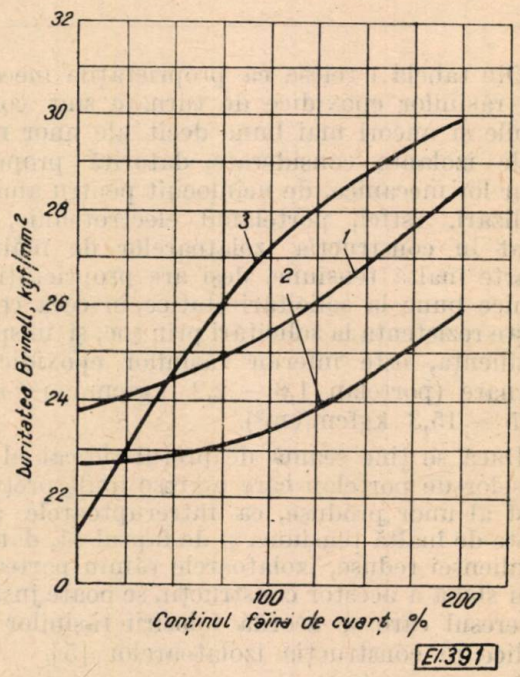


Fig. 8. Duritatea Brinell la izolații turnate din rășină epoxidică cu făină de cuarț, în funcție de cantitatea de adaos :
1 — Dinox-110 ; *2* — Epoxy-2 000 ; *3* — Araldit-B.

Materialele de umplutură reduc considerabil prețul de cost al produselor turnate și îmbunătățesc proprietățile izolației.

O bună experiență s-a obținut prin utilizarea, ca material de umplutură, a făinii de cuarț, obținută prin măcinarea nisipului cuar-

ţos pînă la o astfel de granulaţie încît să fie reţinut de sita cu 10 000 ochiuri/cm² şi să treacă fără reziduu prin sita cu 900 ochiuri/cm².

Cantitatea maximă a materialului de umplutură adăugat este determinată de viscozitatea amestecului care se obţine şi de operaţiile tehnologice la care urmează să fie supus produsul turnat.

Proporţia de amestecare la care s-a putut merge la folosirea făinii de cuarţ a fost de 200 părţi făină la 100 părţi răşină de bază.

Proprietăţile electrice ale izolaţiei din răşină Dinox-110 cu 100% făină de cuarţ sînt prezentate în tabela 6.

Tabela 6

Constanta dielectrică, 20°C, 50 Hz	3,58
Tg δ/20°C, 50 Hz, 500 V	$0{,}56.10^{-2}$
Rezistivitatea de volum, Ω cm	10^{14}
Rezistivitatea de suprafaţă, Ω	10^{13}
Rigiditatea dielectrică (în ulei, 50 Hz), kV/mm, 2 mm	19,3—21,8
valoarea medie	20,5
4 mm	13,5—16,5
valoarea medie	14,79
6 mm	12,48—13,03
valoarea medie	12,76
8 mm	9,5—10,625
valoarea medie	10,31

Tensiunea de conturnare a izolaţiei turnate din răşină epoxidică Dinox-110 cu făină de cuarţ şi gradienţii de tensiune corespunzători se prezintă în figura 9.

Făina de cuarţ, folosită ca material de umplutură, limitează pătrunderea arcului produs pe suprafaţa izolaţiei în interiorul materialului, izolaţia putînd fi folosită în bune condiţii după o curăţare atentă.

Proprietăţile mecanice ale izolaţiei din răşină Dinox-110 turnată cu material de umplutură depind de cantitatea de adaos şi de felul acestuia. Pentru izolaţia din răşină Dinox-110 turnată cu 100% făină de cuarţ, proprietăţile mecanice sînt prezentate în tabela 7.

Utilizarea făinii de cuarţ ca material de umplutură are, în plus, următoarele avantaje: reduce în mod considerabil contracţia izolaţiei turnate, micşorează coeficientul de dilatare a izolaţiei, apropiindu-l de coeficientul de dilatare liniară a metalelor, şi îmbunătăţeşte coeficientul de conductivitate termică.

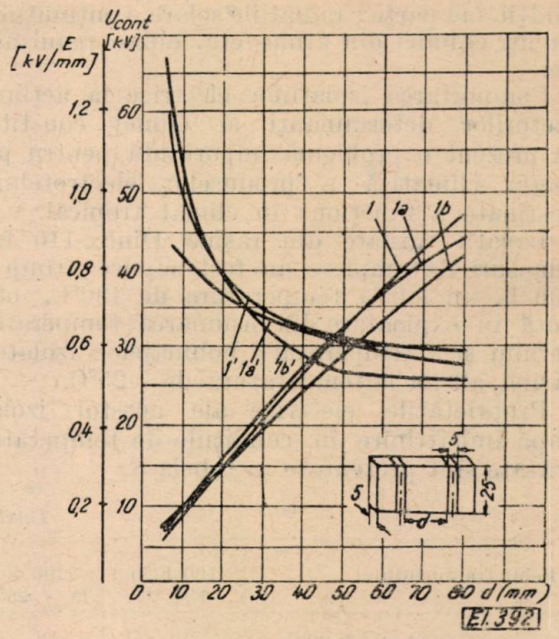


Fig. 9. Tensiunea de conturnare (50 Hz)între electrozii colier pe suprafaţa prelucrată a izolaţiei din răşină Dinox-110, în funcţie de distanţă:
1 — Dinox-110; *1a* — Dinox-110 + 100% cuarţ;
1b — Dinox-110 + 200% cuarţ.

Tabela 7

Rezistenţa la tracţiune	kgf/cm²	455 — 490
valoarea medie		463,3
Rezistenţa la compresiune	kgf/cm²	1 351 —1 440
valoarea medie		1 393,6
Rezistenţa la încovoiere	kgf/cm²	330 — 476
valoarea medie		438
Modulul de elasticitate	kgf/cm²	1 200 —1 800
valoarea medie		1 650
Rezilienţa	kgf cm/cm²	3,42 — 3,93
valoarea medie		3,6
Duritatea Brinell	kgf/mm²	24,9 — 25,5
valoarea medie		25,3

5. Influenţa factorilor climatici asupra proprietăţilor răşinilor de turnare

După modul în care acţionează asupra izolaţiilor electrice factorii climatici au fost împăţiţi în două grupe: factori determinanţi şi factori secundari.

Factorii climatici determinanţi sînt: temperatura aerului, umiditatea relativă a aerului şi acţiunea combinată a temperaturii şi umidităţii ridicate.

Dintre factorii secundari, a căror influenţă este determinată de valorile temperaturii şi umi-

dității, fac parte : radiațiile solare, conținutul de agenți chimici din atmosferă, microorganismele etc.

Comportarea izolațiilor electrice la acțiunea factorilor determinanți ai climei constituie în prezent o problemă importantă pentru protecția climatică a produselor electrotehnice destinate a funcționa în climat tropical.

Izolații turnate din rășină Dinox-110 fără adaosuri de umplere au fost supuse timp de 100 h, un lot la temperatura de 130°C, obținută în exploatare din însumarea temperaturii aerului și a temperaturii bobinajelor izolate în rășină, alt lot la temperatura de — 25°C.

Proprietățile electrice ale acestor izolații după îmbătrînire în condițiile de temperatură arătate sînt prezentate în tabela 8.

Tabela 8

Felul tratamentului	100 h la 130 °C	100 h la — 25°C
Constanta dielectrică 20°C, 50 Hz	3,6	3,4
Tg δ 20°C, 50 Hz, 500 V	$1{,}13.10^{-2}$	$1{,}17.10^{-2}$
Rezistivitatea de volum, Ω cm	10^{13}	10^{13}
Rezistivitatea de suprafață, Ω	10^{12}	10^{12}
Rigiditatea dielectrică (în ulei, 50 Hz), kV/mm, 2 mm	17,4—18,7	15,2—15,6
valoarea medie	17,9	15,32
4 mm	12,43—13,17	—
valoarea medie	12,77	—

Proprietățile mecanice ale izolațiilor turnate din rășină Dinox-110, tratate 100 h la —25°C, sînt prezentate în tabela 9.

Tabela 9

Rezistența la tracțiune	kgf/cm²	202 — 625
valoarea medie		413,5
Rezistența la compresiune	kgf/cm²	1 265 — 1 290
valoarea medie		1 277,5
Rezistența la încovoiere	kgf/cm²	1 080 — 1 130
valoarea medie		1 105
Modulul de elasticitate	kgf/cm²	18 100 — 18 300
valoarea medie		18 200
Rezilienta	kgfcm/cm²	10,9 — 16,1
valoarea medie		14,22
Duritatea Vickers	kgf/mm²	20,7
valoarea medie		20,7

Măsurările pentru stabilirea proprietăților electrice și mecanice s-au făcut la temperatura laboratorului, după scoaterea probelor de la tratament.

Sub influența directă a temperaturii, proprietățile electrice și mecanice sînt diferite de cele prezentate în tabelele 8 și 9, ele depinzînd de temperatura la care se găsește izolația din rășină în momentul măsurării. În tabela 8 sînt prezentate proprietățile rășinii epoxidice la care s-au luat în considerare numai transformările permanente datorită temperaturii. Influența temperaturii scăzute asupra proprietăților mecanice ale rășinii s-a verificat în aceleași condiții, nefiind prea importantă pentru temperatura pînă la —25°C. La temperatura camerei, rășinile epoxidice sînt dure și elastice, iar pentru schimbări ale temperaturii pînă în apropierea punctului de înmuiere ele nu își schimbă în mod esențial proprietățile mecanice.

La rășinile întărite cu anhidridă ftalică, intervalul de înmuiere începe de la 80°C cînd rezistența la compresiune, încovoiere și modulul de elasticitate încep să scadă și rezilienta crește.

Spre deosebire de materialele termoplastice care după depășirea temperaturii corespunzătoare punctului de înmuiere se topesc, rășinile epoxidice își păstrează forma pînă în apropierea punctului de descompunere dacă nu acționează asupra lor forțe exterioare. Higroscopicitatea rășinilor epoxidice la temperatura normală este mică și scade cu conținutul de adaos în făină de cuarț [6].

La temperaturi mai mari, absorbția de umezeală crește fără a influența însă în mod hotărîtor proprietățile electrice ale izolațiilor din rășini epoxidice [3].

Dintre factorii climatici determinanți, influența cea mai mare asupra rășinilor epoxidice o are acțiunea combinată a temperaturii și umidității.

În acest sens, izolații turnate din rășină epoxidică Dinox-110 cu diferite conținuturi de făină de cuarț au fost supuse încercării la acțiunea temperaturii și umidității corespunzătoare climatului tropical umed creat în laborator [7], alături de izolații turnate din alte rășini epoxidice.

Tensiunea de conturnare pe suprafața prelucrată a izolației umezite în timpul condiționării climatice în atmosfera cald-umedă, lipsită de impurități (depuneri de praf, săruri etc.), este mai redusă, așa cum reiese din compararea figurii 10 care reprezintă tensiunile de conturnare ale izolațiilor turnate după 56 cicluri, cu figura 3, referitoare la izolațiile neumezite.

În curent continuu, tensiunea de conturnare pe suprafața izolației din rășină Dinox-110, umezită timp de 56 cicluri, este prezentată în figura 11, din care curba 1, comparată cu cea din figura 4,

arată, de asemenea, o scădere a tensiunii de conturnare. Creșterea conținutului de făină de cuarț face ca influența umidității asupra tensiunii de conturnare să fie mai mare.

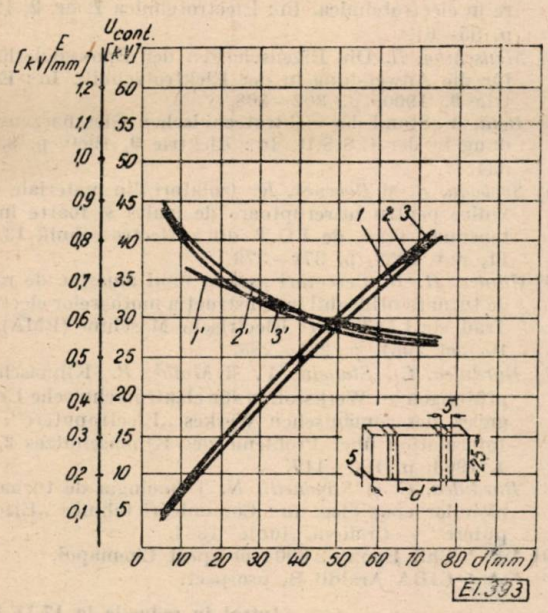


Fig. 10. Tensiunea de conturnare (50 Hz) între electrozii colier, pe suprafața prelucrată a izolației din rășină turnată, în funcție de distanță, după 56 cicluri:
1 – Dinox-110; *2* – Epoxy-2 000; *3* – Araldit-B.

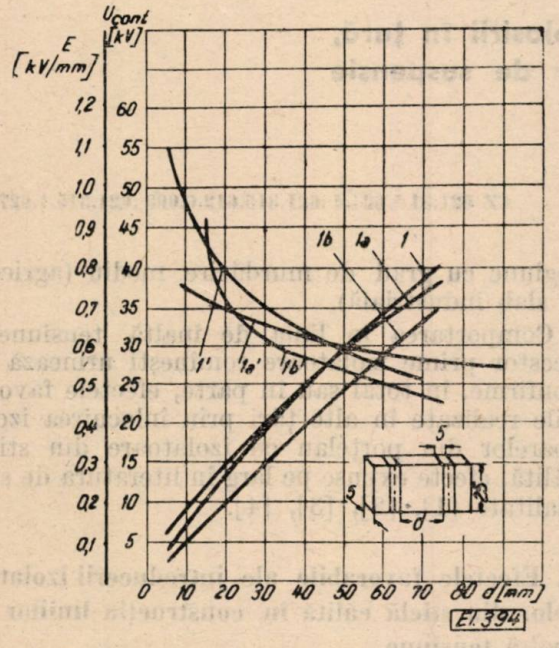


Fig. 11. Tensiunea de conturnare (c.c.) între electrozii colier, pe suprafața prelucrată a izolației din rășină Dinox-110, în funcție de distanță, după 56 cicluri:
1 – Dinox-110; *1a* – Dinox-110 + 100% cuarț;
1b – Dinox-110 + 200% cuarț.

Tensiunea de conturnare pe suprafața izolației din rășină turnată între doi electrozi cui (situație întîlnită frecvent în practică: plăci de borne, șiruri de cleme etc.) este influențată de acțiunea temperaturii și umidității ridicate a aerului. În figura 12 se prezintă valorile tensiunii de conturnare în funcție de distanță, după 56 cicluri, care se pot compara cu valorile din figura 5.

În general, influența temperaturii și umidității, luate separat sau în combinație, asupra proprietăților izolațiilor din rășini epoxidice de turnare nu limitează folosirea acestora în medii cu umiditate și temperatură ridicate, cum ar fi mediul tropical.

Dintre factorii secundari, radiațiile solare influențează cel mai mult asupra proprietăților izolațiilor din rășină epoxidică de turnare.

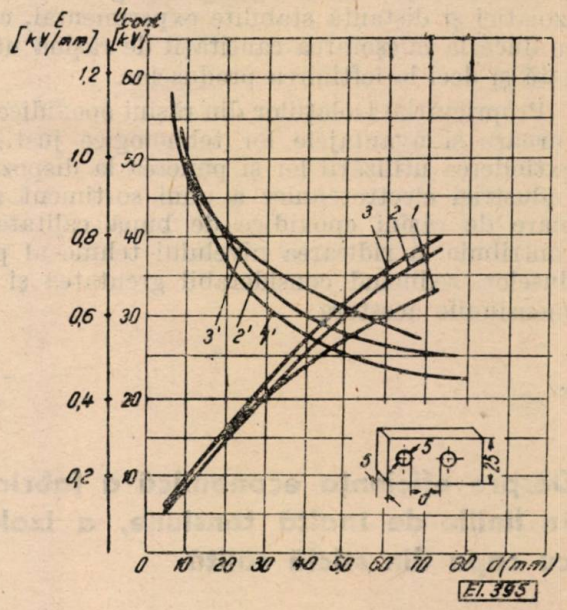


Fig. 12. Tensiunea de conturnare (50 Hz) între electrozii cui la izolația din rășină turnată, în funcție de distanță, după 56 cicluri:
1 – Dinox-110; *2* – Epoxy-2 000; *3* – Araldit-B.

Literatura în acest domeniu este plină de controverse și din acest motiv utilizarea izolației din rășină epoxidică la produsele de exterior, care sînt expuse direct acțiunii radiațiilor solare, s-a făcut pînă în prezent numai pentru experimentări.

Concluzii

Izolația turnată din rășină epoxidică Dinox-110 are proprietăți electrice, mecanice și tehnologice, comparabile cu proprietățile unor izolații turnate din rășini epoxidice, care se bucură de o largă răspîndire în industria electrotehnică.

Proprietățile electrice și mecanice ale acestei izolații sînt uneori mai bune decît ale materialelor izolante devenite tradiționale (ulei mineral, hîrtie impregnată, porțelan etc.) pentru anumite proprietăți ale lor.

Utilizarea materialelor de umplutură (experimental făina de cuarț) la turnarea izolațiilor

din răşină epoxidică reduce considerabil preţul de cost al produselor turnate, şi permite îmbunătăţirea proprietăţilor izolaţiei.

Comportarea izolaţiilor turnate din răşină epoxidică la acţiunea factorilor determinanţi ai climei (temperatura, umiditatea şi acţiunea lor combinată) este satisfăcătoare, ceea ce permite utilizarea lor la produse care funcţionează în interior, în condiţiile climatului tropical.

Rezervele mari de rigiditate dielectrică admise pînă în prezent la proiectarea produselor electrotehnice cu izolaţie din răşină turnată pot fi reduse considerabil, pe baza relaţiilor dintre tensiunea de străpungere şi grosimea izolaţiei şi dintre tensiunea de conturnare pe suprafaţa izolaţiei şi distanţă stabilite experimental, ceea ce duce la micşorarea cantităţii de răşină utilizată şi deci la ieftinirea produselor.

Proprietăţile izolaţiilor din răşini epoxidice de turnare şi avantajele lor tehnologice justifică extinderea utilizării lor şi punerea la dispoziţia industriei electrotehnice a unui sortiment mai mare de răşini epoxidice de bună calitate şi contribuie la ridicarea nivelului tehnic al produselor, reducînd considerabil greutatea şi dimensiunile acestora.

Bibliografie

[1] *Nowak, P.* şi *Weber, F.* Epoxydharze und ihre Verwendung in der Elektrotechnik. In: ETZ–B **10**, nr. 4, aprilie 1958, p. 101–107.
[2] *Stoienescu, F.* şi *Bastiurea, Gh.* Răşini epoxidice de turnare în electrotehnică. In: Electrotehnica **7**, nr. 2, 1959, p. 55–61.
[3] *Mensching, G.* Die Eigenschaften der Epoxydgiesharze für die Anwendung in der Elektrotechnik. In: Elektrie **9**, 1960, p. 302–308.
[4] *Roth, V.* Stand der elektrotechnischen Giessharzanwendung in der C.S.S.R. In: Elektrie **9**, 1960, p. 330–334.
[5] *Svoboda, S.* şi *Robenek, K.* Izolatori din materiale epoxidice pentru întreruptoare de înaltă şi foarte înaltă tensiune. Trad. de I.D.T. din: Electrotechnik **13**, nr. 11, nov 1958, p. 371–373.
[6] *Günter, H. H.* Cercetări asupra unui amestec de răşini de turnare utilizabil în construcţia motoarelor electrice. Trad. de I.D.T. din: Electrische Maschine (EMA), nr. 10, oct 1961, p. 281–288.
[7] *Burdulea, C., Stanciu, V.* şi *Mathè, B.* Klimaschutzprüfungen an Werkstoffen für elektrotechnische Erzeugnisse des rumänischen Werkes „Electroputere". In: Information über Probleme des Klimaschutzes **2**, nr. 4, 1963, p. 106–117.
[8] *Burdulea, C.* şi *Simonetti, N.* Tehnologia de turnare a răşinilor epoxidice. In: Comunicări tehnice „Electroputere" – Craiova, iunie 1964.
[9] * * * ChS Epoxy-2 000; prospect Chemapol.
[10] * * * CIBA Araldit-B, prospect.

Intrat în redacţie la 17.IV.1964

Despre eficienţa economică a fabricării şi folosirii în ţară, în liniile de înaltă tensiune, a izolatoarelor de suspensie cu capa din sticlă călită

H. Mihăilescu * – Bucureşti

CZ 621.31 5.624.4 :621.315.612.6.063 :621.315.1.027.6/8

1. Introducere

Progresul făcut pe plan mondial în legătură cu fabricarea de izolatoare pentru linii de înaltă tensiune din sticlă călită a fost unul din motivele principale pentru abordarea problemei realizării în ţară a unor astfel de izolatoare.

Printr-o rodnică colaborare între I.P.C.M.C. şi I.C.E.T. s-a reuşit să se realizeze primele izolatoare de suspensie cu capă dintr-o masă de sticlă călită corespunzătoare din punctul de vedere al caracteristicilor electrice şi mecanice şi să se elaboreze şi tehnologia specifică de prelucrare şi tratare termică pentru o producţie industrială de astfel de izolatoare [1], [2].

Pentru verificarea în regim de exploatare a rezultatelor încercărilor electrice şi mecanice la care au fost supuse în laborator aceste izolatoare, o serie de 354 izolatoare de suspensie cu capă au fost recent montate într-o linie de înaltă tensiune de 110 kV pe o lungime de 5 km într-o regiune cu grad de murdărire mediu (agricolă şi slab industrială).

Comportarea în linia de înaltă tensiune a acestor prime izolatoare romîneşti urmează să confirme, în total sau în parte, efectele favorabile realizate în alte ţări prin înlocuirea izolatoarelor din porţelan cu izolatoare din sticlă călită, efecte expuse pe larg în literatura de specialitate [1], [2], [3], [4].

2. Efectele favorabile ale introducerii izolatoarelor din sticlă călită în construcţia liniilor de înaltă tensiune

La toate izolatoarele apare clipa cînd acestea îşi pierd siguranţa în exploatare, fie din cauze interioare (obosirea materialului izolant, a armăturii şi a cimentului), fie din cauze exterioare (descărcări disruptive, şocuri mecanice şi termice), fie ca urmare a efectelor combinate ale acestor cauze. Acţiunea acestor cauze poate produce la izolatoarele din porţelan fisuri locale

* *H. Mihăilescu* este economist principal la I.C.P.E.

în corpul izolant, fisuri care duc la străpungerea și eventual ruperea izolatoarelor cu capă și întotdeauna la ruperea izolatoarelor tip bară și în acest caz la căderea liniei.

La o fisurare sau deteriorare a corpului din sticlă călită se produc însă numai fărîmițarea și căderea pălăriei izolatorului, cu o reducere foarte mică a rezistenței mecanice la tracțiune și care în nici un caz nu duce la ruperea lanțului și căderea liniei. În literatură [4] se citează exemplul Suediei unde în 10 ani, într-o rețea de 400 kV în funcțiune din 1950, din 24 000 izolatoare din sticlă călită au trebuit schimbate numai 23, dintre care jumătate au fost deteriorate prin împușcăturile vînătorilor. În nici un caz însă din 1950 nu s-a produs vreo rupere a lanțului.

Căderea pălăriei la izolatoarele din sticlă călită, care se poate observa lesne cu ochiul liber la orice control al liniei, dă posibilitatea organelor care răspund de buna funcționare a liniei să hotărască cu ușurință și sigur dacă din cauza acestui început de diminuare a rezistenței mecanice și a capacității de izolare a lanțului se impune înlocuirea izolatoarelor cu pălărie căzută sau înlocuirea poate fi făcută abia cu ocazia altor lucrări de pe linie sau cu ocazia curățării planificate a liniei. Efectul este că, pe lîngă reducerea costurilor de înlocuire, se reduce și timpul de oprire a liniei.

Un alt efect favorabil rezultă din faptul că sticla fiind străvezie se poate constata de pe sol, relativ ușor, cu binoclul, gradul de murdărire a izolatoarelor, și astfel se poate lua o hotărîre corectă și la timp asupra necesității curățării corpurilor izolatoarelor.

Din cauza rezistenței la șoc mecanic mult mai ridicate a izolatoarelor din sticlă călită decît aceea a izolatoarelor din porțelan, numărul deteriorărilor la manipularea la transport și montaj este mai redus.

Tehnologia de fabricație a corpurilor de izolator din sticlă călită este mai simplă decît aceea a izolatoarelor din porțelan și se pretează la mecanizare și chiar automatizare. Astfel, la fabricarea corpului brut din amestec de materii prime, mai multor operații de formare, uscare și glazurare la corpurile din porțelan le corespunde o singură operație de topire și presare a masei de sticlă, iar unui proces foarte sensibil de ardere a corpului brut din porțelan îi corespunde un proces simplu de călire a corpului din sticlă. Este evident că un proces tehnologic compus din numeroase operații complicate este o sursă de defectări pe parcursul fabricației și că reducerea numărului și simplificarea operațiilor duc la o reducere a defectărilor pe parcursul fabricației. Efectul principal al simplificării procesului de fabricație este reflectat însă în costurile de fabricație, care se reduc.

În procesul de fabricație a izolatoarelor din sticlă călită, fiecare corp de izolator este supus în mod automat unei selecții individuale, care apoi este completată de o depozitare pe o perioadă de 2 luni, în care prin autofărîmițare se elimină toate izolatoarele cu defecte interne. Prin aceasta în mod practic se montează în linie numai izolatoarele verificate și fără defecte ascunse, evitîndu-se costuri ridicate de înlocuire în linie, ceea ce nu se poate realiza la izolatoarele din porțelan.

Reducerea dimensiunilor și a greutății izolatoarelor din sticlă călită duce de asemenea la o serie de efecte favorabile. Scade consumul de materii prime și, prin aceasta, volumul de transport al acestor materii prime, eliberîndu-se o însemnată capacitate de transport. Tot ca urmare a reducerii volumului și greutății se reduc și costurile de transport ale izolatoarelor de la locul de fabricație la beneficiar.

Reducerea înălțimii izolatorului din sticlă călită duce la o scurtare a lungimii lanțului și deci la posibilitatea de mărire a distanței între stîlpii liniei. Prin aceasta se poate reduce numărul stîlpilor, realizîndu-se importante economii la construcția și întreținerea liniilor. În regiunile cu atmosferă viciată — cu fum, ceață, praf — ca măsură de prevedere, pentru mărirea liniei de conturnare și, prin aceasta, a siguranței de funcționare a liniei, se poate introduce în lanț un izolator suplimentar, fără ca prețul de cost al liniei să fie esențial afectat.

3. Stabilirea valorilor economice ale acestor efecte

Realitatea acestor efecte, care este confirmată prin rezultatele obținute în țările unde izolatoarele din sticlă călită sînt folosite în măsură crescîndă în liniile de înaltă tensiune, pledează în mod grăitor pentru folosirea izolatoarelor din sticlă călită în locul celor din porțelan.

Este deci interesant de a cunoaște cifric valoarea efectelor ce s-ar putea obține prin fabricarea și folosirea izolatoarelor de sticlă în liniile de înaltă tensiune în țara noastră.

În acest scop s-au determinat în primul rînd costurile de producție a izolatoarelor din porțelan produse în prezent în țară și ale corpurilor izolatoarelor din sticlă călită, în ipoteza dezvoltării unei astfel de producții în țară. În tabela 1 este dată o situație comparativă a acestor costuri *.

Calculele prin care s-a ajuns la stabilirea valorilor au fost efectuate în următoarele ipoteze.

Prima ipoteză de calcul este bazată pe un proces tehnologic nemecanizat folosind presarea manuală. Ținînd seamă de capacitatea de producție a unei echipe de presare în patru schimburi a șase ore s-a contat, în această primă ipoteză, pe o producție anuală de 220 000 bucăți.

* Valorile, în lei, ale prețurilor de cost indicate în acest articol sînt orientative.

Tabela 1

Situaţia comparativă a costurilor de producţie pe bucată şi kilogram şi a greutăţilor izolatoarelor din porţelan şi ale izolatoarelor din sticlă călită

	Costuri producţie																Greutăţi			
	pe bucată								pe kilogram								porţelan		sticlă călită	
	Simbol	porţelan (*pt*)		sticlă călită					porţelan		sticlă călită									
				Etapa I (st_1)		Etapa a II-a (st_2)					Etapa I		Etapa a II-a							
		lei	%	lei	%	lei	%	%	lei	%	lei	%	lei	%	%		kg	%	kg	%
	2	3	4	5	6 $\frac{5}{3}\cdot 100$	7	8 $\frac{7}{3}\cdot 100$	9 $\frac{7}{5}\cdot 100$	10	11	12	13 $\frac{12}{10}\cdot 100$	14	15 $\frac{14}{10}\cdot 100$	16 $\frac{14}{12}\cdot 100$		17	18	19	20 $\frac{19}{17}\cdot 100$
Corp	C_{ctot}	19,74	100	11,75	60	6,81	35	58	4,70	100	5,34	114	3,09	66	58		4,200	100	2,200	52
Materiale	C_{cmat}	2,77	100	1,72	62	1,77	64													
Manoperă	C_{cman}	1,73	100	2,50	143	0,51	29													
Cheltuielile secţiilor de fabricaţie	C_{crf}	13,15	100	6,30	48	3,82	29													
Cheltuielile generale ale întreprinderii	C_{crg}	2,09	100	1,23	58	0,71	34													
Armare	C_{atot}	27,51	100	27,37	99	24,50	89	89,5	8,34	100	9,75	117	8,75	105	90		3,300	100	2,800	85
Materiale	C_{amat}	22,50	100	21,25	94	20,27	90													
Manoperă	C_{aman}	0,30	100	0,26	87	0,30	100													
Cheltuielile secţiilor de fabricaţie	C_{arf}	1,85	100	1,66	90	1,36	74													
Cheltuielile generale ale întreprinderii	C_{arg}	2,86	100	4,20	146	2,57	90													
Total izolator	C_{tot}	47,25	100	39,12	83	31,31	66	80	6,30	100	7,82	124	6,26	99	80		7,500	100	5,000	67
Materiale	$C_{tot\ mat}$	25,27	100	22,97	91	22,04	87	96												
Manoperă	$C_{tot\ man}$	2,03	100	2,76	136	0,81	40	29												
Cheltuielile secţiilor de fabricaţie	$C_{tot\ rf}$	15,00	100	7,96	53	5,18	35	65												
Cheltuielile generale ale întreprinderii	$C_{tot\ rg}$	4,95	100	5,43	110	3,28	66	60												

A doua ipoteză de calcul este bazată pe un proces tehnologic aproape complet mecanizat, folosind o presă mecanizată cu 6 cuiburi, avînd o capacitate de producție de 1 000 000 bucăți pe an.

A treia ipoteză de calcul este dezvoltarea producției de izolatoare în două etape. În prima etapă : realizarea unei secții experimentale de producție de corpuri de izolatoare din sticlă călită, cu o capacitate anuală de 220 000 bucăți, cu un proces tehnologic folosind presarea manuală și un flux tehnologic nemecanizat; armarea și încercarea izolatoarelor în această primă etapă s-ar putea face la o fabrică existentă în țară, echipată pentru astfel de operații.

Într-o a doua etapă, extinderea secției experimentale pentru o producție anuală de 1 000 000 bucăți corpuri de izolatoare, cu un proces tehnologic aproape complet mecanizată (presare mecanizată, benzi transportoare, elevatoare), și înființarea unei secții de armare și încercare chiar pe lîngă secția producătoare de corpuri, cu o capacitate la nivelul producției de corpuri, adică 1 000 000 bucăți anual.

Ca ilustrare a efectelor mecanizării procesului de fabricație a corpurilor de izolatoare din sticlă călită, proces care după cum am arătat se pretează la mecanizare, iar într-o etapă ulterioară de dezvoltare și la o automatizarea parțială sau totală, în tabela 2 sînt dați o serie de indici tehnico-economici pentru producția de izolatoare din sticlă din etapa 1 și pentru aceea din etapa a 2-a.

4. Analiza economică a efectelor

Analizînd valorile din tabelele 1 și 2 se poate constata (în formule s-au folosit simbolurile cuprinse în tabele) :

4.1. Prețul de cost al izolatoarelor din sticlă călită din producția etapei I este de 39,12 lei/bucată și al celor din producția etapei a 2-a, de 31,31 lei/bucată, sensibil mai redus decît prețul de cost al izolatoarelor din porțelan produse în prezent în țară, de 47,25 lei/bucată. Exprimat în procente, prețul de cost al izolatoarelor din sticlă călită este de 17, respectiv cu 34% mai mic decît prețul de cost al izolatoarelor din porțelan.

4.2. Reducerea costurilor este mult mai mare la corp decît la armare, întrucît greutatea a fost redusă mai mult pe seama corpului decît pe seama armării, 48 respectiv 15%.

Astfel, reducerea costurilor față de costurile de producție ale izolatoarelor de porțelan este de :

— 40% la corpul izolatoarelor de sticlă din producția etapei I;

— 65% la corpul izolatoarelor de sticlă din producția etapei a II-a, și numai

— 1% la armarea izolatoarelor din sticlă din producția etapei 1;

— 11% la armarea izolatoarelor din sticlă din producția etapei a II-a.

În figura 1 este expusă grafic evoluția costurilor pe elementele prețului de cost : materiale, manoperă, cheltuieli ale secțiilor de fabricație și cheltuieli generale ale întreprinderii, pentru izolatoare din porțelan, sticlă călită, din producția nemecanizată (etapa I) și din producția mecanizată (etapa a II-a).

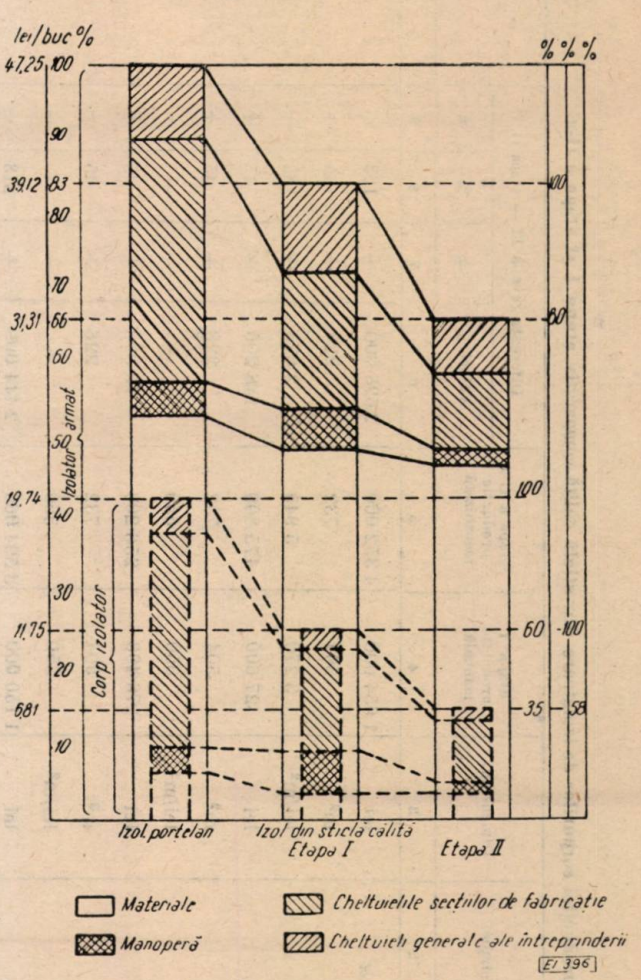


Fig. 1. Graficul evoluției costurilor izolatoarelor, valori orientative.

Din grafic se poate ușor observa că cele mai însemnate reduceri de costuri se produc în etapa a II-a la capitolele manoperă și cheltuieli ale secțiilor de fabricație și îndeosebi pentru corpul izolant. La procesul de armare și încercare nu se poate prevedea o reducere mai sensibilă a costului manoperei. În schimb este de așteptat că, o dată cu mărirea producției de corpuri izolante crescînd și necesarul de piese de armare, măsurile tehnico-organizatorice pe care le vor lua producătorii de astfel de piese (care se fabrică și se vor fabrica și în continuare la uzinele de specialitate) pentru asigurarea creșterii corespunzătoare a producției vor duce și la reducerea costurilor de producție și, în final, și a prețului de vînzare ale acestor piese.

Valoarea pieselor de armare reprezentînd o parte foarte însemnată din totalul costurilor

Tabela 2

Indicii tehnico-economici ai producției corpurilor de izolatoare din sticlă călită comparativ etapa I și etapa a II-a

Nr. crt.	Indici	Simbol	Dimensiuni	Etapa I producție manuală	Etapa a II-a producție mecanizată	Diferența (etapa II — etapa I)				Calcul
						Valori	±	%	±	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Investiții totale:	$I_{c\,tot}$	lei	1 654 000	4 352 000	2 698 000	+	163	+	
			m²	504	732	228	+	45	+	
			lei/m²	3 270	5 945	2 675	+	82	+	
	— investiții clădiri	I_{ccl}	lei	327 600	475 800	148 200	+	45	+	
			m²	504	732	228	+	45	+	
			lei/m²	650	650	—	—	—	—	
	— investiții instalații de transmisie (gaz, apă, electricitate)	I_{ci}	lei	176 400	256 200	79 800	+	45	+	
			m²	504	732	228	+	45	+	
			lei/m²	350	350	—	—	—	—	
	— investiții utilaje	I_{cu}	lei	1 150 000	3 594 000	2 444 000	+	213	+	
			m²	504	732	228	+	45	+	
			lei/m²	2 281	4 910	2 629	+	115	+	
	— investiții de mijloace de transport	I_{ctr}	lei	—	26 200	26 200	+	—	—	
2	Cote amortizări anuale:									
	— investiții totale	A_{tot}	lei	172 600	516 900	344 300	+	200	+	
	— investiții clădiri	A_{cl}	%	2,1	2,1	—	—	—	—	
			lei	6 900	10 000	3 100	+	45	+	
	— investiții instalații de transmisie	A_i	%	6,2	6,2	—	—	—	—	
			lei	10 900	15 900	5 000	+	45	+	
	— investiții utilaje	A_u	%	13,462	13,462	—	—	—	—	
			lei	154 800	483 800	329 000	+	213	+	
	— investiții mijloace de transport	A_{tr}	%	26,6	26,6	—	—	—	—	
			lei	—	7 200	7 200	+	—	—	
3	Consum anual de energie electrică	F_e	kWh	306 000	1 287 648	981 648	+	320	+	
			lei	104 000	437 800	333 800	+	320	+	
4	Consum anual de gaze	F_g	m³	1 603 400	6 780 960	5 177 560	+	320	+	
			lei	320 700	1 356 200	1 035 500	+	320	+	

5	Personal — total	S_{tot}	nr	56	60	4	+	7	+	
	— muncitori direct productivi	S_{mp}	nr	48	46	2	−	4	−	
	— muncitori auxiliari de întreţinere	S_{ma}	nr	3	8	5	+	167	+	
	— personal tehnico-administrativ	S_{ta}	nr	5	6	1	+	20	+	
6	Cîştig anual total—personal	R_{tot}	lei	793 600	841 600	48 000	+	6	+	
	— muncitori direct productivi	R_{mp}	lei	647 100	599 800	47 300	−	8	−	
	— muncitori auxiliari de întreţinere	R_{ma}	lei	37 600	107 500	69 900	+	186	+	
	— personal tehnico-administrativ	R_{ta}	lei	108 900	134 300	25 400	+	23	+	
7	Cîştig mediu anual total—personal	$M_{R_{tot}}$	lei	14 171*)	14 027*)	144	−	1	−	*) $\frac{\text{cap 6}}{\text{cap 5}}$
	— muncitori direct productivi	$M_{R_{mp}}$	lei	13 480*)	13 039*)	441	−	3	−	*) $\frac{\text{cap 6}}{\text{cap 5}}$
	— muncitori auxiliari de întreţinere	$M_{R_{ma}}$	lei	12 800*)	13 435*)	635	+	5	+	*) $\frac{\text{cap 6}}{\text{cap 5}}$
	— personal tehnico-administrativ	$M_{R_{ca}}$	lei	21 780*)	22 383*)	603	+	3	+	*) $\frac{\text{cap 6}}{\text{cap 5}}$
8	Producţie anuală	P	buc.	220 000	1 000 000	780 000	+	355	+	
9	Productivitate anuală pe cap de salariat	ps_{tot}	$\frac{\text{buc.}}{\text{nr. tot. sal.}}$	3 928*)	16 667**)	12 739	+	323	+	*) $\frac{220\,000}{56}$ **) $\frac{1\,000\,000}{60}$
	— pe cap de muncitor direct productiv	ps_{mp}	$\frac{\text{buc.}}{\text{nr. munc. dir. pr.}}$	4 583*)	21 739**)	17 156	+	375	+	*) $\frac{220\,000}{48}$ **) $\frac{1\,000\,000}{46}$
	— pe m² suprafaţă clădită	ps_{mp}	$\frac{\text{buc.}}{\text{nr. pe supr. cl.}}$	436*)	1 366**)	930	+	215	+	*) $\frac{220\,000}{504}$ **) $\frac{1\,000\,000}{732}$
	— pe 1 000 lei investiţie totală	$p^0/_{00}\, I_{tot}$	$\frac{\text{buc.}}{\text{val. inv.}}$	133*)	229**)	96	+	72	+	*) $\frac{220\,000}{327{,}6+176{,}4+1\,150}$ **) $\frac{1\,000\,000}{475{,}8+256{,}2+3\,594+26{,}2}$
	— pe 1 000 lei investiţii utilaj	$p^0/_{00}\, I_u$	$\frac{\text{buc.}}{\text{valoarea utilajului}}$	191*)	278**)	87	+	45	+	*) $\frac{220\,000}{1\,150}$ **) $\frac{1\,000\,000}{3\,594}$
	— pe ora de funcţionare a utilajului	$p_{t_{c/u}}$	$\frac{\text{buc.}}{\text{ora funcţionare a utilajului}}$	3,5*)	9**)	5,5	+	157	+	*) $\frac{220\,000}{(8.8+6.24).306}$ **) $\frac{1\,000\,000}{(9.8+12.24).306}$
10	Preţ de cost total	C_{ctot}	lei/buc.	11,75	6,81	4,94	−	42	−	
	— materiale	C_{cmat}	lei/buc.	1,72	1,77	0,05	+	3	+	
	— manoperă	C_{cman}	lei/buc.	2,50	0,51	1,99	−	79	−	
	— cheltuielile secţiilor de fabricaţie	C_{crf}	lei/buc.	6,30	3,82	2,48	−	39	−	
	— cheltuielile generale ale întreprinderii	C_{crg}	lei/buc.	1,23	0,71	0,52	−	42	−	

izolatoarelor (63%), o reducerea a prețului acestor piese va influența direct și foarte sensibil costurile izolatoarelor armate.

4.3. Reducerea volumului și a greutății izolatoarelor din sticlă călită, față de izolatoarele din porțelan, duce la o micșorare importantă a costurilor de transport pe bucata de izolator, de la fabrica producătoare la beneficiar, și la o economisire de însemnate capacități de transport.

Admițînd o distanță medie de transport de 300 km, rezultă costuri de transport (C_{trp}) = = 1,44 lei/bucată izolator din porțelan și numai (C_{trsl}) = 0,77 lei/bucată izolator din sticlă călită, deci o diferență de 0,67 lei/bucată în favoarea izolatoarelor din sticlă călită. Într-un vagon de 15 t putîndu-se încărca 9 conteinere, în fiecare conteiner putîndu-se încărca 170 izolatoare din porțelan, respectiv 230 izolatoare din sticlă călită, rezultă că la o producție anuală de 220 000 bucăți izolatoare transportate se eliberează 40 vagoane de 15 t și 360 conteinere, iar la o producție anuală de 1 000 000 izolatoare transportate, 170 vagoane de 15 t și 1 530 conteinere.

4.4. Reducerea greutății corpurilor înseamnă evident și reducerea cantității de materii prime care se consumă. Efectul valoric al acestei reduceri (costul materiei prime inclusiv costurile de transport și aprovizionare) a fost cuprins în calculul prețului de cost prin diminuarea valorii totale la capitolul materiale. Reducerea antitativă a materiilor prime mai are însă, după cum s-a arătat mai sus, și efectul important al eliberării de capacități de transport. Considerînd numai cantitățile de materii prime folosite pentru fabricarea corpurilor de izolator din sticlă care suferă reducerea cea mai importantă de greutate (48%), rezultă următoarele capacități de transport eliberate prin înlocuirea unei producții echivalente de izolatoare din porțelan. Cunoscînd că :

$$N_v = \frac{P\,(G_p \cdot \alpha - G_{st} \cdot \alpha')}{V},$$

în care :

N_v — numărul de vagoane de 15 t eliberate anual;

P — producția anuală de corpuri de izolatoare;

G_p — greutatea corpului de izolator din porțelan (4,2 kg/bucată);

G_{st} — greutatea corpului de izolator din sticlă (2,2 kg/bucată);

α — coeficient de consum de materii prime pentru porțelan (1,2);

α' — coeficient de consum de materii prime pentru sticlă (1,33);

V — capacitatea de transport a unui vagon (15 000 kg), rezultă :

— pentru o producție anuală de P = 220 000 bucăți (în etapa I), o capacitate de transport eliberată de 31 vagoane de 15 t pe an;

— pentru o producție anuală de P' = = 1 000 0000 bucăți (în etapa a II-a), o capacitate de tansport eliberată de 141 vagoane de 15 t pe an.

4.5. Valoarea investițiilor în clădiri, instalații de transmisie (apă, gaz, electricitate pentru scopuri tehnologice) și utilaje necesare pentru producția izolatoarelor din sticlă călită în etapa I este de 1 654 000 lei (tabela 2).

Deoarece se face ipoteza că în această etapă armarea și încercarea vor fi făcute la o fabrică existentă echipată pentru astfel de operații, nu se prevede necesitatea unor investiții suplimentare în această fabrică. Capacitatea de producție care s-ar elibera în fabrica în prezent producătoare de izolatoare din porțelan, prin oprirea producției de corpuri din porțelan, ar putea fi folosită pentru asimilarea sau lărgirea producției de alte produse ceramice electrotehnice.

Pentru asigurarea producției de izolatoare din sticlă călită vor fi necesare mijloace circulante a căror valoare s-a calculat ținînd seamă de ciclul de fabricație prelungit prin depozitare pentru detensionarea corpurilor din sticlă (două luni). Ciclurile de fabricație sînt diferite pentru cele două etape prin faptul că în prima etapă s-a făcut ipoteza că armarea și încercarea se vor face la o întreprindere existentă utilată pentru aceste operații, iar în a doua etapă atît corpurile, cît și operațiile de armare și încercare se vor face într-o singură unitate.

S-a considerat că ciclurile de fabricație vor fi pentru :

etapa I

a) *la stația experimentală producătoare de corpuri*

— pentru materiale (t_1)	10 zile
— pentru produse finite (t_2)	70 zile

b) *la fabrica ce va executa armarea și încercarea*

— pentru materiale (t_3)	10 zile
— pentru produse finite (t_4)	15 zile

etapa a II-a

pentru materiale (t_5)	10 zile
pentru semifabricate (t_6)	70 zile
pentru produse finite (t_7)	15 zile

Ținînd seamă de aceste cicluri, mijloacele circulante necesare asigurării producției (M_{circ}) vor fi :

etapa I

a) *stație producătoare de corpuri*

— pentru materiale $\frac{P \cdot C_{emat} \cdot t_1}{T}$	= 10 000 lei
— pentru produse finite $\frac{P \cdot C_{etot} \cdot t_2}{T}$	= 500 000 lei
— diverse	= 30 000 lei
(T = 360 zile/an)	540 000 lei

b) *fabrica ce va efectua armarea și încercările*

- pentru materiale $\frac{P\cdot(C_{ctot}+C_{amat})\cdot t_3}{T}$ = 200 000 lei
- pentru produse finite $\frac{P\cdot C_{tot}\cdot t_4}{T}$ = 360 000 lei
- diverse 40 000 lei

600 000 lei

Total M_{circ_1} 1 140 000 lei

etapa a II-a

- pentru materiale $\frac{P\cdot C_{totmat}\cdot t_5}{T}$ = 610 000 lei
- pentru semifabricate $\frac{P\cdot C_{tot}\cdot t_6}{T}$ = 1 320 000 lei
- pentru produse finite $\frac{P\cdot C_{tot}\cdot t_7}{T}$ = 1 305 000 lei
- diverse = 65 000 lei

Total M_{circ_2} 3 300 000 lei

Înlocuind producția izolatoarelor din porțelan cu o producție de izolatoare din sticlă călită, în etapa I se va realiza, cu investiții de $I_{ctot1} = 1\,654\,000$ și cu mijloace circulante de $M_{circ1} = 1\,140\,000$ lei, economii anuale de:

$$E_{tot_1} = P_1\cdot[(C_{totp}+C_{trp})-(C_{tot_{st}}+C_{trst})].$$

Introducînd în această formulă valorile corespunzătoare din tabelele 1 și 2 și cele din paragraful 4.2 rezultă:

$$E_{tot_1} = 1\,936\,000 \text{ lei/an.}$$

Raportînd aceste economii anuale la valoarea investițiilor și mijloacelor circulante necesare, adică:

$$\frac{I_{ctot_1}+M_{circ_1}}{E_{tot_1}},$$

rezultă că acestea se recuperează în 1,44 ani sau 1 an și 5 luni.

4.6. Pentru mărirea capacității de producție la 1 000 0000 bucăți corpuri de izolatoare din sticlă pe an (etapa a II-a), investițiile necesare în clădiri, instalații de transmisie, utilaje, mijloace de transport sînt de $I_{ctot_2} = 4\,352\,000$ lei (tabela 2), la care se adaugă valoarea investițiilor pentru o secție de armare și încercare de $I_{atot} = 2\,364\,000$ lei. La aceasta trebuie să se adauge valoarea acelor investiții făcute în etapa I, care nu mai pot fi folosite în etapa a II-a și care nu se pot recupera (în special cuptoare), în valoare de 620 000 lei, mai puțin valoarea ratelor de amortizare depuse în timpul funcționării stației experimentale, care s-a admis să fie de doi ani.

Valoarea investițiilor care nu mai pot fi folosite și nici recuperate este:

$$I_{n-a} = I_n(1-a.D) = 453\,000,$$

în care I_n este valoarea investițiilor nefolosite și nerecuperabile (620 000 lei), a — coeficientul de amortizare anuală (0,13462), D — durata de funcționare a stației experimentale (doi ani).

Economiile anuale care ar rezulta la o producție mărită la 1 000 000 bucăți/an izolatoare de sticlă călită față de o producție egală de izolatoare din porțelan este de:

$$E_{tot_2} = P_2\ [(C_{totp}+C_{trp})-(C_{totst_2}+C_{trst})],$$

în care introducînd valorile corespunzătoare (tabela 1 și paragraful 4.2) rezultă 16 610 000 lei.

Raportînd aceste economii anuale la valoarea investițiilor și mijloacelor circulante necesare, ținînd seamă și de valoarea investițiilor făcute în etapa I și care nu mai pot fi folosite și nici recuperate, reiese din

$$\frac{I_{ctot_2}+I_{atot_2}+M_{circ_2}+I_{n-a}}{E_{tot_2}},$$

introducînd valorile corespunzătoare, un termen de recuperare a acestora de 0,63 an sau 7 1/2 luni.

4.7. În etapa a II-a prin mecanizarea producției capacitatea de producție va crește la 1 000 000 bucăți/an. Dacă nevoile interne vor fi sub această cantitate, rezultă un disponibil, care, ținînd seamă de proprietățile superioare ale izolatoarelor din sticlă călită, este probabil că va putea fi exportat, realizîndu-se astfel un însemnat aport de valută.

Din datele găsite în literatură [4], prețul izolatoarelor de suspensie din sticlă călită pentru linii de înaltă tensiune în R.F.G., țară care nu produce, ci importă astfel de izolatoare, este de 9,30 DM/bucată. În ipoteza unui export de izolatoare din sticlă călită, în această țară s-ar realiza un aport de valută la un curs de revenire de $\frac{31,31}{9,30} = 3,36$ lei/DM.

4.8. Este cunoscut că mecanizarea duce la reducerea costurilor de producție. Vom analiza pe scurt, pe baza indicilor tehnico-economici din tabela 2, efectele mecanizării procesului de producție a corpurilor izolante din sticlă călită.

Cu o creștere a investițiilor cu 163% și a personalului cu numai 7% se realizează:

— o creștere a producției în unități naturale de 355%;

— o creștere a productivității pe cap de salariat cu 323%, iar pe cap de muncitor direct productiv cu 375%;

— o creștere a productivității pe suprafața clădită cu 215%, iar pe 1 000 lei investiții totale cu 72% sau pe 1 000 lei investiții în utilaje de 45%;

— o creștere a productivității pe ora de funcționare a utilajelor cu 157%. Prin mărirea coeficientului de utilizare a utilajelor, care în calcule s-a admis cu 0,87 (adică 306 zile de funcționare din 365 zile calendaristice), această productivitate pe ora de funcționare a utilajului mai poate fi mărită, cu efecte favorabile asupra productivității utilajului, asupra productivității pe cap de salariat și muncitor și asupra costurilor de producție;

— o scădere a costului manoperei pe bucată cu 79%;
— o scădere a cheltuielilor secțiilor de fabricație pe bucată cu 39%;
— o reducere a prețului de cost total pe bucată cu 42%.

5. Concluzii

Din cele expuse se poate constata că prin asimilarea în țară a fabricației de izolatoare din sticlă călită, în ipotezele făcute.

— *cu cheltuielile pentru*

		etapa I	etapa a II-a
— investiții (clădiri, instalații, utilaje)	lei	1 654 000	6 716 000
— investiții în utilaje în etapa I, care nu mai pot fi folosite în etapa a II-a	de lei	—	453 000
— mijloace circulante	de lei	1 140 000	3 300 000
Total	de lei	2 794 000	10 469 000

— *s-ar realiza*

— o producție anuală de izolatoare	bucăți	220 000	1 000 000
— cu un preț de cost pe bucată	de lei	39,10	31,31
— o reducere a prețului de cost pe bucată de izolator din sticlă călită față de izolatoarele din porțelan	de lei	8,13	15,94
— economii anuale de costuri de producție față de producția egală de izolatoare din porțelan	de lei	1 788 600	15 940 000
— economii anuale de costuri de transport de la producător la beneficiar față de costurile de transport ale unei producții egale de izolatoare din porțelan (0,67 lei/buc.)	de lei	147 400	670 000
— total economii anuale	de lei	1 936 000	16 610 000
— recuperarea investițiilor și mijloacelor circulante necesare prin aceste economii	în	17 luni	7 1/2 luni
— o eficiență economică a investițiilor și mijloacelor circulante	de	69%	157%
— o capacitate de transport anual eliberată la transportul de materii prime de vagoane de 15 t		31	141
— la transportul izolatoarelor din sticlă călită de la producător la beneficiar de vagoane de 15 t		40	170
— conteinere eliberate anual	bucăți	360	1 530

La aceste efecte favorabile s-ar adăuga efectele a căror valoare nu a putut fi calculată din lipsă de date corespunzătoare, ca:

— evitarea căderii liniei;

— posibilitatea de a face înlocuirea izolatoarelor cu pălăria căzută, cu ocazia altor lucrări de întreținere a linie, deci cu cheltuieli reduse;

— evitarea de defectări și perturbații în exploatarea liniei prin posibilitatea de a constata ușor gradul de murdărire și luarea din timp a măsurilor de curățare în cazul cînd murdărirea devine periculoasă pentru linie;

— reducerea numărului de deteriorări la manipularea izolatoarelor, din cauza rezistenței mărite la șoc mecanic a izolatoarelor din sticlă călită;

— siguranța ca în linie să nu fie montate izolatoare cu defecte ascunse și, prin aceasta, evitarea de costuri de înlocuire;

— o reducere eventuală a numărului stîlpilor de susținere a liniei prin mărirea distanței între stîlpi;

— aport de valută la un curs de revenire avantajos prin export de izolatoare din sticlă călită, în cazul cînd producția ar depăși nevoile interne.

În lumina celor expuse, producerea în țară și folosirea izolatoarelor din sticlă călită în liniile de înată tensiune sînt avantajoase și de recomandat, cu atît mai mult cu cît nu întîmpină dificultăți, procesul de fabricație fiind simplu, iar materiile prime, cum și utilajele necesare, de producție internă, în afara unor utilaje speciale care urmează a fi importate și care reprezintă numai circa 20% din valoarea totală a utilajelor necesare.

Bibliografie

[1] *Țențulescu, D., Goldenberg, I., Popescu, Ch.* și *Tănăsescu, Fl.* Mase de sticlă pentru izolatoare de înaltă tensiune. In: Electrotehnica **10** (1962), nr. 5, p. 168—174.

[2] *Popescu, Ch., Tănăsescu, Fl., Țențulescu, I.* și *Goldenberg, I.* Cercetări asupra fabricării în R.P.R. a izolatoarelor de suspensie cu capă din sticlă călită. In: Electrotehnica **11** (1963), nr. 1, p. 14—22.

[3] *Buneeva, L.* și *Mojukov, V. K.* Primenenie stecla dlia proizvodstva izoliatorov. Moscova, 1958.

[4] *Stolte, E.* Der Einbau von Isolatoren aus vergütetem Glas in Netzen ab 20 kV. In: Elektrizitätswirtschaft **61** (1962), nr. 23, p. 851—858.

Intrat în redacție la 15.01.1964.

RECENZII

CZ 621.3.015.3 + 621.3.015.51/52

P. Jacotett. **Influenţa frecvenţei şi distanţei disruptive asupra rigidităţii dielectrice a eclatoarelor cu tije şi a izolatoarelor** (Einfluss der Frequenz und Schlagweite auf die Schaltspannungsfestigkeit von Stabfunkenstrecken und Isolatoren). In : Elektrotechn. Z. (ETZ—A) **85**, nr. 9, 1964, p. 257—261, 9 fig., 2 tab., 12 ref.

În continuarea experienţelor efectuate de cîteva laboratoare de înaltă tensiune din R.F.G. pentru elucidarea comportării echipamentului de înaltă tensiune la supratensiuni interne (problemă recomandată de CIGRÉ şi CEI) se expun rezultatele obţinute cu tensiuni de conectare avînd frecvenţe proprii de 1, 2, 3 şi 5 kHz , reproduse cu ajutorul unor tensiuni de impuls corespunzătoare. Aceste experienţe se referă în special la comportarea la străpungere a unor eclatoare tije-tije în plaja de distanţe de eclatare de 100—1 200 mm la solicitări cu impulsuri sau cu oscilaţii amortizate şi a unor izolatoare suport de 30, 60 şi 110 kV, solicitate cu tensiuni de diferite forme sub sau fără ploaie.

S-a cercetat influenţa pantei frunţii asupra tensiunii de impuls de 50% străpungeri în funcţie de distanţa de eclatare pentru diferite frecvenţe, rezultatele obţinute din numeroase experienţe corectîndu-se cu ajutorul metodei celor mai mici pătrate. Dispersiunea valorilor este relativ mică, ceea ce contribuie la valoarea şi reproductibilitatea rezultatelor. În plaja de distanţe 100—400 mm, tensiunea de străpungere cu oscilaţii amortizate de 5 kHz şi cu impulsuri 50/250 μs se suprapune bine.

Pînă la distanţa de 600 mm, tensiunea de străpungere 50% de polaritate pozitivă se apropie, cu creşterea duratei frunţii, respectiv cu scăderea frecvenţei de oscilaţie, în mod continuu de tensiunea maximă a undei de supratensiune reale luată ca etalon. Tensiunea de străpungere la 50 Hz este — din motive uşor de înţeles — cu circa 10—15% mai joasă decît la unda de impuls 1,2/50 μs. La polaritate negativă, tensiunea de străpungere, şi de altfel mai ridicată, creşte cu durata frunţii prezentînd un maxim la valoarea 50 μs, corespunzînd frecvenţei de 5 kHz. Din contră, în plaja de distanţe 600 — 1 200 mm, tensiunea de străpungere scade la polaritate pozitivă cu durata frunţii şi atinge un minim la 50 μs, care se află cu 3—13% sub valoarea corespunzătoare undei normale de 1,2/50 μs.

Influenţa ploii este complexă. De exemplu, la 50 μs, respectiv 5 kHz, tensiunea de străpungere negativă sub ploaie s-a găsit cu 10% sub cea în stare uscată. La polaritate pozitivă şi 500 μs corespunzînd la 500 Hz scăderea este de 8%.

Tensiunea de străpungere a izolatoarelor suport prezintă curbe în V în funcţie de durata frunţii, minimul fiind pentru 30 kV la 500 μs, iar pentru tensiuni mai înalte, la 50 μs, valorile situîndu-se cu 10—17% sub tensiunea de 50% străpungeri cu unda de impuls normală. Comparaţia cu rezultatele obţinute, cu dispozitive şi în condiţii similare, în alte ţări arată o concordanţă satisfăcătoare. Se mai comentează unele experienţe efectuate în alte ţări (între care şi U.R.S.S.) cu distanţe de 1—8 m.

Lucrarea, care aduce rezultate originale şi importante, se încadrează în seria de cercetări menite să elucideze propunerile pentru reglementarea încercării echipamentului la supratensiuni de conectare.

A. Avramescu

CZ 621.313.2.001.24

S. Loutzky. **Calculul practic al maşinilor electrice de curent continuu** (Calcul pratique des machines électriques à courant continu). Paris, Eyrolles, 1963.

Cartea profesorului Simon Loutzky de la Şcoala tehnică superioară din Paris se adresează în primul rînd tînărului inginer care trece de la relaţiile abstracte acumulate în şcoală la domeniul mai puţin cunoscut al amănuntelor constructive. Pornind de la premisa că „calculul unei maşini este o ştiinţă şi o artă", se prezintă sub o formă clară şi logică proiectarea maşinii de curent continuu numai în 170 pagini, ridicînd şi justificînd totodată o serie de probleme care pot fi utile chiar şi celor mai experimentaţi proiectanţi.

Lucrarea este împărţită în şapte capitole : înfăşurările indusului, calculul circuitului magnetic, permeanţele de scăpări, comutaţia, calculul pierderilor, calculul încălzirilor şi dimensionarea maşinilor.

În cap. 1 „Înfăşurările indusului" (p. 15—48), după generalităţi, notaţii şi definiţii, se dă bobinajul buclat simplu, accentuîndu-se asupra legăturilor echipotenţiale şi asupra scurtării pasului înfăşurării. La bobinajul paralel multiplu se dau două metode de execuţie în funcţie de legăturile echipotenţiale, cu avantajele şi dezavantajele lor.

Bobinajul ondulat simplu şi serie-paralel este discutat sub aspectul avantajelor tehnice şi de execuţie. Ca o consecinţă a acestor părţi urmează criteriile care stau la baza alegerii unei înfăşurări, arătîndu-se influenţa diferiţilor parametri. Se studiază apoi alegerea numărului de poli, condiţiile ce se impun la dimensionarea colectorului şi periilor, precum şi alegerea numărului de crestături. Alegerea densităţii de curent şi izolaţia utilizată încheie primul capitol.

Cap. 2 „Calculul circuitului magnetic" (p. 49—68) începe prin consideraţii teoretice şi practice asupra inducţiei din întrefier, a corecţiei lungimii întrefierului şi deschiderii crestăturilor. După calculul inducţiei în dinţi şi în jugul indusului, se calculează scăpările statorului—coeficientul lui Hopkinson—inducţiile în miezul polului şi în carcasă. Caracteristica de mers în gol şi caracteristicile parţiale sînt urmate de caracteristica de magnetizare în sarcină.

Cap. 3 „Permeanţele de scăpări" (p. 69—83) se reliefează prin aspectul său teoretic, demonstrînd toate relaţiile cu trimiteri la alte lucrări, dar fără a se omite o serie de considerente practice care reies din înseşi premisele demonstraţiilor.

În cap. 4 „Comutaţia" (p. 85—108), după punerea problemei sînt analizaţi parametrii şi cauzele care pot asigura o comutaţie bună. Calculul t.e.m. reactanţă se face pentru două cazuri, funcţie de variaţia fluxului în crestătură. Un exemplu de calcul detaliat clarifică toate problemele de comutaţie puse în discuţie, probleme care duc la unele observaţii privind proprietăţile bobinajelor.

Calculul polilor auxiliari şi determinarea tensiunii maxime între lamele la sarcina nominală a maşinii sînt urmate de unele indicaţii privind înfăşurarea de compensaţie.

În cap. 5 „Calculul pierderilor" (p. 109—115) se accentuează asupra pierderilor suplimentare din piesele polare şi ale celor din cupru pentru mersul în gol şi în timpul procesului de comutaţie.

În cap. 6 „Calculul încălzirilor" (p. 117—141), după o parte generală care se încheie cu valori ale conductibilităţii termice pentru diferite materiale izolante, se dă calculul încălzirii aerului de ventilaţie şi a carcasei. Încălzirea cuprului indusului faţă de fier, a fierului faţă de aerul de ventilaţie şi a cuprului indusului faţă de mediul ambiant sînt expuse pe larg, exemplul de calcul dat elucidînd toate detaliile.

Calculul încălzirilor bobinelor polare se face pentru cazurile în care conductoarele sînt aşezate într-unul sau mai multe straturi. În cazul bobinelor cu conductor rotund în mai multe straturi se ţine seamă şi de influenţa compoundajului. După un exemplu de calcul se dă calculul încălzirilor colectorului.

Cap. 7 tratează dimensionarea maşinilor (p. 143—171). Cunoscîndu-se modul cum influenţează diferiţii parametri asupra fiecărui element al unei maşini, în această parte se indică modul de justificare pentru determinarea dimensiunilor principale. Ca puncte de plecare s-au luat volumul indusului maşinii şi coeficientul K_0 al fluxului, care ţin seamă de condiţia de a se evita inversarea inducţiei sub un corn polar.

Exemplul de calcul al unui generator de 1 000 kW, 600 V, 1 000 rot/min, încheie partea de dimensionare.

O recapitulare a formulelor esenţiale cu numărul lor şi pagina unde au fost demonstrate sau utilizate încheie lucrarea.

Avînd în vedere concentrarea la maximum a lucrării, exemplele numerice după fiecare subcapitol, apoi exemplele mai cuprinzătoare după unele capitole, acestea contribuie în mare măsură la clarificarea modului de interpretare a parametrilor care intervin, evitîndu-se totodată omiterea acelor valori numerice care trebuie luate din practică. Se clarifică problema unităţilor de măsură a elementelor care intervin în relaţiile de calcul.

Din punctul de vedere al formei, cartea a apărut în condiţii grafice excepţionale. Figurile, în majoritatea cazurilor schematizate, sînt clare şi complete.

În concluzie, lucrarea a reuşit să dea într-un volum restrîns proiectarea maşinii de c.c., într-un mod original şi didactic, păstrînd caracterul practic care îi dă o notă de mare valoare.

I. N. Bichir

REFERATE

CZ 621.3 *Electrotehnică generală*

CZ 621.3.064.3/4

Burghardt, G. **Despre influenţa lungimii arcului şi a puterii lui disipate asupra restabilirii rigidităţii dielectrice a arcurilor scurte de curent alternativ în aer** (Über den Einfluss der Lichtbogenlänge und der Lichtbogenverlustarbeit auf die Wiederverfestigung kurzer Wechselstromlichtbögen in Luft). In: Electrotechn. Z. (ETZ—A) **85**, nr. 6, 1964, p. 161—166, 11 fig., 12 ref.

În continuarea cercetărilor care au făcut obiectul disertaţiei autorului la Politehnica din Hanovra în 1963, în care s-au stabilit o distanţă optimă de 0,3—0,4 mm şi o viteză optimă de 0,3—0,5 m/s a deschiderii contactelor, se cercetează experimental influenţa lungimii arcului în aer asupra limitelor în timp ale procesului de stingere a arcurilor de curent alternativ de 75—300 A la tensiuni aplicate pînă la 500 V, în circuite inductive. Frecvenţa tensiunii tranzitorii de restabilire variază în circuite normale de încercare conform VDE 0660/4.62 între 10 şi 30 kHz. Variaţia în timp a rigidităţii s-a măsurat prin tensiunea de reaprindere atinsă după anularea curentului, pentru diferite puncte ale vitezei de restabilire.

S-a stabilit în concordanţă cu rezultatele lui Slepian (1930) că la un curent de 300 A arcurile scurte se rigidizează mai uşor, deoarece sînt supuse unei sustrageri mai forţate a energiei din coloană în electrozii masivi apropiaţi. La curenţi mai mari, de exemplu 75 A, intervine o comportare diferită în timp a tensiunii de restabilire. La o distanţă optimă de 0,3 mm curba acestei tensiuni este o exponenţială, iar din cauza constantei de timp termice foarte reduse a arcului în întreaga coloană, ionizarea termică practic încetează. Rigiditatea se poate calcula din legea lui Paschen, în funcţie de temperatură. La arcuri mai lungi de 6 mm şi 75 A, după o restabilire rapidă apare un fenomen de „saturaţie" pentru tensiuni care întrec 350 V. La creşterea curentului, fenomenul de saturaţie se accentuează datorită temperaturii iniţiale mai înalte a spaţiului de arc, mai ales dacă şi constanta de timp termică a arcului creşte şi ea. Experimentele coroborate cu alte lucrări cunoscute au permis reprezentarea comportării tensiunii de reaprindere în timp în funcţie de lungimea arcului, valorile maxime corespunzînd distanţei „optime" de 0,3 mm. Pentru această lungime, influenţa puterii disipate, deci a curentului în arc, este minimă.

A.A.

CZ 621.313 *Maşini electrice*

CZ 621.313.33.011.6 :621.316.718.5.072.6

De Carli, A. şi Ruberti, A. **Funcţia de transfer a unui motor asincron controlat în frecvenţă** (Funzione di transferimento di un motore asincrono controllato in frequenza). In: Elettrotecnica **51**, nr. 3, 1964, p. 134—138, 6 fig., 2 ref.

Lucrarea, executată cu contribuţia C.N.R., examinează funcţionarea unui motor asincron cînd tensiunea sa de alimentare are frecvenţă variabilă, în ipoteza că valoarea eficace a tensiunii variază în raport direct proporţional cu frecvenţa, arătîndu-se că comportarea dinamică a motorului poate să fie descrisă cu suficientă aproximaţie pentru un domeniu destul de mare de variaţie a frecvenţei, printr-o funcţie de transfer de gradul unu, în care intră parametrii motorului.

Verificarea experimentală făcută cu un motor trifazat (P= 0,37 kW; V = 380/220 V), încărcat cu ajutorul unei frîne, a confirmat valabilitatea relaţiilor deduse pe cale teoretică.

L.V.

CZ 621.313.333.2.044.2 :621.333

Laithwaite, E. R. şi Barwell, F. T. **Motoare de inducţie liniare pentru căi ferate de mare viteză** (Linear induction motors for high — speed railways). In: Electronics and Power, vol. **10**, april 1964, p. 100—103.

În cadrul studiilor şi propunerilor pentru înlocuirea în tracţiune a motoarelor serie cu colector prin motoare de inducţie, articolul de faţă se referă la timpul cînd viteza trenurilor devenind din ce în ce mai mare, motoarele, în loc să fie demultiplicate, vor fi multiplicate, şi forţa centrifugă va deveni o limitare neplăcută pentru puterea motoarelor. Pentru motorul liniar propus, forţa centrifugă nu există. El este compus dintr-o şină metalică aşezată vertical între cele două şine obişnuite ale căii. Această şină, fixă faţă de pămînt, reprezintă rotorul fără bobinaj. Două bobinaje, polifazate, aşezate în lungul celor două feţe ale şinei, reprezintă bobinajul statorului, solidar cu vehiculul. Avantajele acestui tip de motor, încă în stadiul de prototip, sînt: tracţiunea este transmisă fără nici un contact mecanic între vehicul şi cale, iar forţa de tracţiune este independentă de aderenţa roţilor; — motorul este puternic datorită bobinajului statoric dublu şi pentru că rotorul-şină, primenindu-şi tot timpul metalul, poate disipa foarte mari pierderi; — motorul nu cuprinde părţi în mişcare şi are o întreţinere foarte redusă.

Motorul are şi unele dezavantaje: — din cauza celei de-a treia şină, costul căii este mult mai scump; — deşi s-au luat măsuri pentru ca statorul să poată suporta o lipsă de paralelism între şine, deplasîndu-se lateral la solicitarea unui sistem de ghidaj, totuşi nu se poate evita ca întrefierul să fie mare faţă de întrefierul obişnuit la o maşină normală.

În prezent se studiază care este cel mai avantajos material (cupru, aluminiu sau fier) pentru rotorul-şină şi care este cea mai bună din următoarele trei posibilităţi: 1 — alimentare cu curent trifazat; 2 — alimentare cu curent monofazat şi convertire la curent trifazat pe locomotivă; 3 — generare de curent trifazat pe locomotivă. Soluţiile doi şi trei dau posibilitatea unei comode variaţii a frecvenţei.

H.A.

CZ 621.316 *Reţele de distribuţie*

CZ 621.316.54.027.3.001.4

Hochrainer, A. **Asupra echivalenţei circuitelor de încercare ale întreruptoarelor de putere de înaltă tensiune** (Zur Äquivalenz der Prüfschaltungen für Hochspannugsleistungsschalter). In: Elektrotechn. Z. (ETZ—A) **85**, nr. 6, 1964, p. 180—184, 4 fig.

Se ştie că capacitatea de întrerupere depinde nu numai de curentul întrerupt şi de tensiunea reţelei, ci şi de structura ei, adică de frecvenţa tensiunii de restabilire după o întrerupere „ideală". Tensiunea de restabilire dinamică, ce apare în

primele momente după anularea curentului depinde de felul de anulare a curentului de scurtcircuit şi de curentul portarc, deci de parametrii termici ai spaţiului de arc, pe cînd mai tîrziu străpungerea rigidităţii devine un fenomen pur electric. Autorul calculează variaţia rezistenţei coloanei de arc înainte de stingere în cursul vîrfului de stingere a tensiunii arcului şi discută variaţia formei curentului şi tensiunii de arc iminent înainte de anularea curentului, cum şi influenţele esenţiale asupra vitezei de restabilire iniţială a rigidităţii spaţiului de arc. Se demostrează că dacă generatorul se scurtcircuitează, tensiunea arcului antrenează în circuitul de alimentare, compus în general dintr-o inductanţă în serie şi o capacitate în paralel, un curent „de deformare", care se poate calcula pentru orice reţea cu ajutorul transformatei Laplace. Curentul „de deformare" influenţează neglijabil felul anulării curentului de scurtcircuit şi deci starea dielectrică a spaţiului de arc.

Pentru echivalenţa încercărilor este mai puţin important a se stabili care schemă de încercare este mai corespunzătoare, decît a stabili care sînt condiţiile în care diferite scheme solicită întreruptorul în mod egal la încercări. Autorul demonstrează că, la circuitele de încercări sintetice la care se aplică înaltă tensiune (ca în cazul schemei Weil-Dobke şi Kaplan-Naşativ) înainte de anularea curentului, deformarea curentului şi frecvenţa tensiunii de restabilire devin invariante şi totodată conchide că orice schemă care nu îndeplineşte această condiţie esenţială, deci aplică înaltă tensiune după anularea curentului, nu poate fi considerată echivalentă şi nu poate furniza rezultate de încercare controlabile.

A.A.

CRONICĂ

CZ 621.3.066.6 :061.3

Sesiunea privind contactele electrice din Graz

Problemele complexe ale contactelor electrice preocupă de mult timp pe specialişti şi pe oamenii de ştiinţă, ceea ce rezultă din seria de zeci de ani neîntreruptă a publicaţiilor ştiinţifice şi tehnice care se referă în principal la fenomenele fizice, reacţiile chimice, structura metalurgică şi procesele tehnologice. Se ştie ce importanţă mare au contactele pentru buna funcţionare timp îndelungat şi fără măsuri speciale de supraveghere sau întreţinere a aparatelor de conectare : întreruptoare, separatoare, contactoare, colectoare, trolee, relee, aparate de măsură, dispozitive de comandă şi reglare, microfoane, detectoare cu cristal, redresoare cu semiconductoare etc. Pentru a realiza un schimb de experienţă şi a prezenta ultimele rezultate de cercetare s-au organizat în ultimii ani mai multe congrese internaţionale cu o participare largă de ingineri şi oameni de ştiinţă, între altele la Zürich, Londra, Moscova, Berlin.

Succesul simpozionului internaţional din 1961 de la Orono al Universităţii din Maine S.U.A. şi al reuniunilor anuale de la Universitatea de stat din Pennsylvania, care s-au organizat cu concursul activ al cunoscutului fizician suedez R a g n a r H o l m, autorul celor mai răspîndite cărţi despre fizica contactelor electrice, a incitat cercurile de specialişti la organizarea unui congres în Europa, care a avut loc între 4 şi 6 mai 1964 la Politehnica din Graz sub preşedinţia profesorului Dr. P. K l a u d y, cunoscut cercetător al contactelor mobile cu vînă de mercur.

S-a asigurat participarea unor renumiţi specialişti în cercetarea fizicii, tehnicii şi tehnologiei contactelor, care au prezentat 12 comunicări din domeniul cercetărilor fundamentale, 9 referitoare la contactele alunecătoare, 16 la problemele contactelor de închidere şi rupere şi 7 comunicări privind proprietăţile contactelor fixe. S-au tratat numeroase teme importante pentru telecomunicaţii, ca : migrarea grobă şi fină a materialului, influenţa suprafeţei şi a mediului înconjurător, acoperirile galvanice etc. S-au examinat materialele cele mai potrivite pentru contacte din fişele multiple utilizate în radiotehnică la tranzistoare. Numeroase comunicări s-au referit la contactele aparatelor de conectare de mare putere de rupere de joasă şi înaltă tensiune, la problemele sudării sau vibrării contactelor, la desprinderea contactelor bimetalice, la uzura şi solicitarea termică de scurtă durată a contactelor. S-au discutat materialele cele mai potrivite pentru diferite utilizări, contacte cu lichide conductoare ş.a.

În cele de mai jos redăm rezumatele unora dintre comunicările mai importante de la acest congres.

E r k, A : *Asupra solicitării termice a contactelor de curenţi tari la sarcini de scurtă durată cu curenţi mari.* Se prezintă o sinteză a rezultatelor unor cercetări întinse întreprinse la Politehnica din Braunschweig (R.F.G.) iniţiate încă de profesorul E. M a r x. Se arată rezultatele atinse şi publicate într-o serie de disertaţii şi lucrări din reviste, unele dintre dispozitivele experimentale şi cîteva înregistrări remarcabile, cu oscilografe sau cu fotografia rapidă. De asemenea, se comunică mersul calculelor analitice pe baza ecuaţiei căldurii cu simetrie cilindrică pentru obţinerea cîmpului de temperatură cu ajutorul unui calculator electronic, ceea ce permite stabilirea progresării zonei de topire în contactele sudate. În sfîrşit, se propune redactarea unor recomandări unitare pentru efectuarea încercării contactelor.

E r k, A. şi W e s t h o f f, H. : *Asupra sudării pieselor de contact la curenţi alternativi intenşi.* Problema tratată numai superficial în lucrări anterioare a fost adîncită de către autori şi, printr-o coincidenţă, de către I. U r b a n e k în disertaţia sa prezentată la Politehnica din Viena, aproape în acelaşi timp. Rezultatele se completează şi, parţial, sînt în concordanţă. După descrierea dispozitivului de experimentare şi a circuitului de încercare se prezintă, în rezultate, curenţii limită de sudare, rezistenţa la sudare şi temperatura de sudare în stare închisă la sarcini mari de curenţi alternativi de durata a 5 semiperioade. Experienţele s-au efectuat sistematic cu curenţi pînă la 15 kA şi presiuni în plaja 1—50 kgf. Pentru contacte de Cu şi Ag s-au obţinut şi reprezentat parametrii care influenţează sudarea, între altele materialul, mărimea şi condiţiile suprafeţelor de contact, sarcina de curent, formarea, păturile străine etc. S-au cercetat 20 de metale şi aliaje de contact utilizate mai frecvent în electrotehnica curenţilor tari. Comunicarea se încheie cu un calcul analitic al temperaturii maxime în contact în cursul încărcării cu curenţi alternativi, din care reiese variaţia considerabilă a temperaturii în cursul perioadei, mai ales la curenţi mari.

S c h r e i n e r, H. : *Aliaje cupru-plumb pentru contacte electrice cu o mare stabilitate la sudare.* Se trec în revistă materialele rezistente la sudură, în special metalele pure cu temperatură înaltă de topire, aliaje eterogene din care un component are această proprietate, sau amestecuri de Cu sau Ag cu oxizi metalici sau cu metale cu o temperatură joasă de topire. Din această ultimă grupă se descrie amestecul Cu—Pb şi comportarea lui drept material pentru contacte în formă de pseudoaliaje sau amestec sinterizat. Se dau indicaţii de utilizare, de îmbunătăţire a suprafeţei şi lipire a pieselor de contact.

S c h i c k, W. : *Piese de contact pentru separatoare cu o coloană pentru tensiuni foarte înalte.* Contactele acestor separatoare străbat distanţe foarte mari de separare. Deoarece contactul mobil nu este fixat constructiv de cel fix, presiunea de contact se realizează fie prin reacţia conductorului superior în deschidere, fie, dacă se cer forţe mari de presare, prin reacţia piesei mobile. Rezultate bune au dat contactele alunecătoare, deoarece ele nu transmit asupra părţii mobile numai componenta de frecare a forţei de apăsare. Pentru tensiuni foarte înalte se preferă foarfecele dublu din cauza gabaritelor mai reduse. Solicitarea dinamică a contactelor prin curenţi

de scurtcircuit se poate calcula uşor. Condiţiile impuse contactelor de separatoare, mai uşoare din cauza lipsei solicitării la arcul electric, se îndeplinesc de către Cu argintat sau anumite aliaje de Cu.

Schultze, H. A.: *Contribuţie la comportarea dinamică a contactelor alunecătoare.* Se cercetează un contact între Cu şi cărbune la curent alternativ. În cazul unui sincronism între turaţia inelului şi frecvenţă se poate depune, pe o jumătate de inel, o pătură redresoare sub peria care acolo este totdeauna pozitivă, favorizînd trecerea curentului cu o cădere mică în perioada pozitivă. În afară de sincronism se stabileşte căderea de tensiune mai mare a semiperioadei negative.

Binder, K.: *Uzura periilor din cărbune prin arcuri de comutare.* Plecînd de la limita de amorsare a arcurilor, se deduce o formulă pentru uzura periilor prin arcuri de comutare, care se confirmă prin experimente. Formula este valabilă numai pînă la o anumită limită a curentului, a solicitărilor în funcţie de inductanţele de scăpări, curent, turaţie, care încă nu se pot preciza.

Aceste comunicări sînt publicate mai detaliat în ETZ—A 85, nr. 8 din 17 aprilie 1964, unde se pot consulta. Cu această ocazie se poate aprecia direct valoarea contribuţiilor şi progresul realizat faţă de cunoştinţele noastre de pînă acum.

A. Avramescu

SCURTE ŞTIRI

Uzina atomoelectrică „Beloiarseaia" a intrat în funcţiune. În ziua de 26 aprilie 1964 uzina atomoelectrică „Beloiarscaia" — I. V. Kurciatov a început furnizarea de energie în sistemul energetic „Sverdloverngo". Construcţia şi montajul primului bloc de 100 MW s-au terminat, şi el a intrat în exploatare experimentală industrială, atingînd treptat puterea proiectată. La această uzină s-a realizat, pentru prima dată în lume pe o scară industrială, supraîncălzirea nucleară a aburului, direct în reactor, înainte de admisia aburului în turbină. Colectivul constructorilor şi montatorilor de la Comitetul de stat de producţie energetică şi de electrificare a U.R.S.S. trece la construcţia celui de-al doilea bloc, a cărui putere va fi de 200 MW.

Construcţia reactorului nuclear, instalat la uzina atomoelectrică „Beloiarscaia", reprezintă o dezvoltare în continuare a reactorului primei uzine atomoelectrice dată în exploatare în Uniunea Sovietică cu zece ani în urmă.

Darea în funcţiune a uzinei atomoelectrice „Beloiarscaia" reprezintă o contribuţie importantă a oamenilor de ştiinţă, constructori, ingineri şi muncitori sovietici în utilizarea paşnică a energiei atomice.

(Pravda, nr. 125, mai 1964)

Panouri de reglare şi comandă în miniatură. Creşterea continuă a numărului de valori măsurate şi reglate cu ajutorul panourilor de comandă a constrîns pe constructorii instalaţiilor de măsurare şi reglare să micşoreze dimensiunile acestor dispozitive. Firma „Metrawatt" a elaborat un dispozitiv de reglare cu dimensiunile totale ale cîmpului în panoul pupitrului de numai 96 × 48 mm. Regulatorul este prevăzut cu un contor inductiv, iar sistemul său electronic este complet automatizat. Posibilităţile de aplicare a regulatorului menţionat sînt foarte largi, putînd fi utilizat pentru controlul sau reglarea celor mai variate mărimi (curent, tensiune, căldură, turaţie, presiune etc.).

(Elektrotechnik, nr. 2, 1964)

Regulator tranzistorizat pentru motoare de curent continuu. Pentru acţionarea motoarelor de curent continuu, firma franceză „Sciaky" a construit un regulator complet tranzistorizat, care efectuează reglarea automată a vitezei, menţinînd cuplul constant şi netezind variaţiile de putere. Raportul de reglare este de 1 : 120, iar turaţia se menţine cu toleranţa de ± 2% faţă de valoarea propusă. Perioada răspunsului este numai de 0,02 s.

Instalaţia permite reglarea automată a vitezei de tăiere la maşinile-unelte de prelucrare, controlul vitezei de mişcare a benzilor transportoare, dirijarea antrenării la trefilarea sîrmei, înfăşurarea bobinelor etc.

(Automatika, nr. 6, 1963)

O uzină electrică cu turbine cu gaze în Suedia. În Suedia, la uzina electrică „Sundsvall" s-a dat în exploatare al doilea agregat cu turbină cu gaze, avînd o putere de 40 MW. Prima instalaţie similară s-a realizat la uzina electrică din Västernik. Temperatura gazelor de lucru, înainte de admisiunea în turbină, este de 700°C, iar randamentul la sarcina nominală, de 27%. Instalaţia este destinată pentru acoperirea sarcinilor de vîrf şi ca rezervă, contîndu-se pe o durată de utilizare a ei de circa 800 h/an. Generatorul agregatului poate fi folosit, de asemenea, drept compensator sincron. Carburantul este aici păcura grea, eliberată de unele adaosuri.

(Promîşlennaia energetika, nr. 11, 1963)

Construcţia barajului de la Assuan pe Nil, la care Uniunea Sovietică aduce o contribuţie majoră, preocupă specialiştii şi furnizorii prin dimensiunile neobişnuite ale lucrării. Lacul de acumulare va avea un volum de 130 milioane m³, puterea CHE fiind de 2,1 GW, iar producţia de energie anuală, de 10 TWh, cu 150% mai mult decît întreaga producţie actuală a ţării. Linii de transmisie de 500 kV, de o lungime totală de 2 800 km, montate pe 7 500 piloni de metal, cu conductoare totalizînd 35 000 t, vor duce energia de-a lungul fluviului, spre nord şi sud.

Lucrările urmează a fi încheiate în anul 1970.

În aval de baraj se vor crea cel puţin 25 de întreprinderi şi fabrici puternice, care vor consuma o parte din energia disponibilă.

(ETZ—B **16**, 14, 1964, 428)

Primul grup de 500 MW în probe. Primul grup de 500 MW pe un singur arbore fabricat de C. A. Parsons, pentru centrala Fenybridge-Anglia, a fost încercat la turaţie normală şi la supraturaţie. Se arată fotografia grupului pe bancul de încercări. Alte trei unităţi similare vor fi instalate în aceeaşi centrală. De asemenea, patru grupuri de 500 MW vor fi instalate la centrala Fawley şi alte patru unităţi la centrala Ratcliffe.

(Electrical Times **145**, 18, 30 apr 1964, 708)

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU; prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, membru coresp. al Academiei R.P.R.; acad. dr. ing. A. AVRAMESCU — redactor responsabil; ing. V. BUNEA; ing. V. CIOFU; prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU; ing. AL. GRECEANU; ing. ŞT. GROSU; conf. ing. G. HORTOPAN — redactor responsabil adjunct; conf. ing. G. LAZARIDE; ing. A. POPA; prof. ing. CRISTINA POPESCU; ing. VL. POPOVICI; acad. prof. dr. ing. R. RĂDULEŢ; ing. ST. ŢIGANETEA; ing. R. VLĂDOIANU.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Ministerului Industriei Construcţiilor de Maşini şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. — Redacţia şi administraţia, Bucureşti, str. Ion Ghica nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu. Telefon: 13.84.16. Revista este editată de M.I.C.M. Abonamentele se primesc la administraţia revistei. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicaţiile tehnice M.I.C.M. — cont 026002 B.R.P.R. — Filiala 30 Decembrie, Bucureşti. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual: tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri: lei 30 anual. Costul unui exemplar lei 5. Tiparul: Întreprinderea „Informaţia", str. Brezoianu nr. 23—25, Bucureşti, c. 3545

41 400

SOMMAIRE

CD 621.313.32/33.017.39.001.24

Nicolaide, A. : **Pertes supplémentaires dans les rotors à cage des machines asynchrones et synchrones.**

Electrotehnica *12*, no. 10, oct. 1964, p. 361–368

Après avoir montré la manière dont les pertes supplémentaires dues aux courants transversaux entre la barre et les tôles surviennent dans les cages des moteurs asynchrones, l'auteur établit l'expression mathématique de ces courants et calcule lesdites pertes. Il explique comment on peut vérifier expérimentalement ces pertes.

CD 621.313.333.2.042.13.001.24

Saviuc, V. : **La machine asynchrone à rotor ferromagnétique massif.**

Electrotehnica *12*, no. 10, oct. 1964, p. 368–382

On présente une étude théorique simplifiée de la machine asynchrone à rotor ferromagnétique massif ; on décrit les constructions typiques et l'on montre l'influence des différents facteurs sur les caractéristiques de la machine ; ces caractéristiques sont ensuite comparées avec celles de la machine à rotor normal. On précise les particularités du fonctionnement et les domaines d'utilisation de la machine à rotor massif. L'auteur indique enfin les problèmes théoriques de la machine asynchrone à rotor ferromagnétique massif qui ne sont pas résolus ou qui requièrent une étude plus approfondie.

CD 621.315.616.96.048.81.002.3

Burdulea, C. : **Les propriétés des résines époxydes de coulée,**

Electrotehnica *12*, no. 10, oct. 1964, p. 383–392

On passe en revue les caractéristiques principales des résines époxydes de coulée utilisées par les usines „Electroputere" de Craiova à des fins qui sont du domaine de l'électrotechnique.

CD 621.315.624.4:621.315.612.6.003 :621.315.1.027.6/8

Mihăilescu, H. : **De l'efficacité économique de la fabrication et de l'emploi en Roumanie, dans les lignes de haute tension, des isolateurs à suspension à cape en verre trempé.**

Electrotehnica *12*, no. 10, oct. 1964, p. 392–400

Après une courte introduction dans laquelle l'auteur expose l'état actuel de la réalisation en Roumanie des premiers isolateurs en verre trempé, il démontre les principaux avantages qui découlent de leur emploi dans les lignes de haute tension à la place des isolateurs en porcelaine. Suit une analyse économique des avantages qui résultent de la fabrication et de l'utilisation des isolateurs en verre trempé : diminution du coût de la production, du coût du transport, de nouvelles capacités de transport devenues disponibles, des devises acquises par l'exportation, etc.

COMPTES RENDUS 401–402

EXTRAITS 402–403

CHRONIQUE 403–404

BRÈVES NOUVELLES 404

TITLURI DOCUMENTARE

CZ 621.313 MAŞINI ELECTRICE DE CURENT CONTINUU ŞI ALTERNATIV. GENERATOARE. MOTOARE

CZ 621.313:061.43 (43—227) „1964"

Becker, K., Weppler, R. şi *Kessler, G.* **Maşini electrice şi motoare.** In : Elektrotechn. Zeit. (ETZ—B) **16**, nr. 13, 19 iunie 1964, p. 333—342, 8 fig.

CZ 621.313.001.57

Terzian, A. A. **Model matematic al cîmpului magnetic în întrefier pentru capul crestăturilor deschise la stator şi rotor.** În : Elektrotehnika **35**, nr. 1, ian 1964, p. 41—45, 6 fig., 4 ref. bibl.

CZ 621.313.072 :621.774.3

Iakovenko, V. A. şi *Kalinicenko, S. P.* **Metode pentru mărirea siguranţei de comutare a motoarelor electrice de acţionare a laminoarelor.** In : Elektricestvo, nr. 1, ian 1964, p. 24—27, 5 fig., 2 ref. bibl.

CZ 621.313.14 (07.07)

Moser, H. **Stadiul actual al întrebuinţării motoarelor mici monofazate în serie necompensate.** In : Elektrotechn. Zeit. (ETZ—A) **85**, nr. 9, 1 mai 1964, p. 282—283, 4 fig., 1 tab., 1 ref. bibl.

CZ 621.313.33.018.6

Freise, W., Jordan, H. şi *Necke, H.* **Evoluţia experimentală a oscilaţiilor forţate a maşinilor asinerone trifazate.** In : Elektrotechn. Zeit. (ETZ—A) **85**, nr. 12, 12 iunie 1964, p. 370—372, 3 fig., 2 ref. bibl.

CZ 621.313.32.002.2 :621.315.53

Neiman, Z.B. şi *Godenberg, S.I.* **Maşini sinerone cu înfăşurări de excitaţie din aluminiu.** In : Elektrotehnika **35**, nr. 1, ian. 1964, p. 26—29,2 fig., 1 tab., 3 ref. bibl.

CZ 621.313.333.001.24

Schulze, F.W. **Metodă simplificată de verificare a calculelor motoarelor asinerone.** In : Elektro-Praktiker **18**, nr. 2, febr. 1964, p. 67—70, 5 fig.

CZ 621.313.333.2.001.5

Stock, W. **Determinarea frecvenţei admisibile de conectare a motoarelor trifazate cu rotor în colivie.** In : Elektrie **18**, nr. 1, ian 1964, p. 2—7, 3 fig., 3 tab., 10 ref. bibl.

CZ 621.313.334.062.12 :621.316.729

Ungruh, F. **Sincronizarea arborilor electrici.** In : Elektrotechn. Zeit. (ETZ—A) **85**, nr. 9, 1 mai 1964, p. 278—281, 9 fig., 12 ref. bibl.

CZ 621.313.333.2.042.4.013.15

Weppler, R. **Principiile de bază pentru calculul dispersiei interstiţiale în cazul motoarelor cu rotor în scurtcircuit, ţinînd seamă de saturaţia în fier.** In : Elektrotechn. Zeit. (ETZ—A) **85**, nr. 13, 26 iunie 1964, p. 402—407, 11 fig., 3 tab., 12 ref. bibl.

CZ 621.314 TRANSFORMAREA ENERGIEI ELECTRICE. TRANSFORMATOARE. REDRESOARE

CZ 621.314.5 :061.43 (43—2.27) „1964"

Korb, T. şi *März, G.* **Redresoare de curent.** In : Elektrotechn. Zeit. (ETZ—B) **16**, nr. 13, 19 iunie 1964, p. 361—367, 11 fig.

CZ 621.314.632 :621.335

Hartman, O. şi *Tietze, C.* **Întrebuinţarea redresoarelor cu semiconductoare pe automotoarele electrice.** In : Elektrotechn. Zeit. (ETZ—A), nr. 7, 3 apr 1964, p. 198—205, 22 fig., 9 ref. bibl.

CONTENTS

DC 621.313.32/33.017.39.001.24

Nicolaide, A. : **Stray losses in the cage rotors of synchronous and asynchronous machines.**

Electrotehnica *12*, nr. 10, oct 1964, p. 361–368

After describing the way in which the stray losses occur owing to the cross currents between the bar and the sheets in the cages of asynchronous motors,the author presents the mathematical expression of these currents. Stray losses are calculated on this basis. The way of experimentally checking these losses is also pointed out.

DC 621.313.333.2.042.13.001.24

Saviuc, V. : **The asynchronous machine with massive ferromagnetic rotor.**

Electrotehnica *12*, nr. 10, oct. 1964, p. 368–382

A simplified theoretical study of the asynchronous machine with massive ferromagnetic rotor is presented, describing the constructive types and the influence of the different factors on the characteristics of the machine. These characteristics are compared with those of the machines with normal rotors and some information is given concerning the working peculiarities and utilization fields of asynchronous machines with massive rotors. Some theoretical problems connected with such machines which are not solved as yet or still require more thorough study are pointed out.

DC 621.315.616.96.048.81.002.3

Burdulea, C. : **The properties of epoxyd casting resins.**

Electrotehnica *12*, nr. 10, oct. 1964, p. 383–392

The main characteristics are given of the epoxyd casting resins used at the U.E.P.C. for electrotechnical purposes.

DC 621.315.624.4 : 621.315.612.6.003 :621.315.1.027.6/8

Mihăilescu, H. : **On the economic efficiency of home-producing and utilization in high-tension lines of the suspension insulators made of hardened glass.**

Electrotehnica *12*, nr. 10, oct. 1964, p. 392–400

After a brief presentation of the stage of homeproduction of the first hardened-glass insulators, the author emphasizes the main advantages obtained from using these insulators instead of the porcelain ones in hightension lines. These advantages as revealed by the economic analysis include the reduction of production and transport costs, the availableness of more transport capacities, currency savings, etc.

REVIEWS 401–402

ABSTRACTS 402–403

CHRONICLE 403–404

BRIEF NEWS 404

CZ 621.316

DISTRIBUȚIA ENERGIEI ELECTRICE. REȚELE DE DISTRIBUȚIE. REGLAREA MĂRIMILOR ELECTRICE. PROTECȚIA APARATELOR ȘI A INSTALAȚIILOR

CZ 621.316.54.066.6

Erk, A. și *Westhaff, H.* **Sudarea pieselor de contacte închise pentru curent tare în caz de curenți alternativi ridicați.** In : Elektrotechn. Zeit. (ETZ—A), nr. 8, 17 apr 1964, p. 231—238, 11 fig., 1 tab., 13 ref. bibl.

CZ 621.316.545.066.6

Schick, W. **Piese de contact pe secționări cu o singură coloană pentru tensiune înaltă.** In : Elektrotechn. Zeit. (ETZ—A) **85**, nr. 8, 17 apr 1964, p. 241—245, 9 fig., 1 tab., 4 ref. bibl.

CZ 621.316.72 :621.311.6 :621.317

Ilinkovici, A. M. și *Șulman, B. R.* **Stabilizatoare și surse stabile de alimentare în curent alternativ, folosite în tehnica măsurărilor.** In : Izmerit. tehnika, nr. 2, febr. 1964, p. 42—45, 3 fig., 16 ref. bibl.

CZ 621.316.923.1

Nosilowski, J. **Procesul de întrerupere a scurtcircuitului de către siguranța fuzibilă.** In : Przegl. Elektrotechn. **40**, nr. 1, ian 1964, p. 21—24, 5 fig., 16 ref. bibl.

CZ 621. 317 TEHNICA MĂSURILOR ELECTRICE. APARATE DE MĂSURĂ

CZ 621.317.089.62

Ilinkovici, A. M. și *Șulman, B. R.* **Surse etalon de tensiune alternativă pentru verificarea unor aparate.** In : Izmerit. tehnika. nr. 1, ian 1964, p. 56—58, 1 fig., 1 tab., 6 ref. bibl.

CZ 621.317.2.027.875

Froidevaux, J. **Problemele generale de echipare a laboratoarelor de înaltă tensiune, în vederea dezvoltării și încercării materialului 750 kV.** In : Bull. A.S.E. **55**, nr. 9, 2 mai 1964, p. 430—433, 3 fig.

CZ 621.317.333.4 :621.315.2.001.4

Sistem de detectare și localizare a conductoarelor întrerupte în cablurile unifilare. In : Electronics **37**, nr. 4, ian 1964, p. 56, 1 fig.

CZ 621.317.39 :536.5 :621.382.3

Fochelson, I.B. **Măsurarea temperaturii cu ajutorul tranzistoarelor cu germaniu.** In : Priborî i tehnika experimenta **9**, nr. 1, ian—febr 1964, p. 227, 2 ref. bibl.

CZ 621.317.39 :621.316.722

Ahgeev, I. M. și *Melnikov, I. S.* **Traductor de abatere de tensiune a rețelei față de valoarea nominală.** In : Priborostroenie, nr. 1, ian 1964, p. 18—20, 6 fig., 2 ref. bibl.

CZ 621.317.7.001.6

Kobbe, U., Münch, G. și *Partenfelder, H.* **Instrumente electrice de precizie.** In : Elektrotechn. Zeit. (ETZ—A) **85**, nr. 7, 3 apr. 1964, p. 213—219, 12 fig., 2 tab., 3 ref. bibl.

CZ 621.318 APLICAȚII INDUSTRIALE ALE MAGNETISMULUI ȘI MAGNEȚILOR. ELECTROMAGNEȚI. RELEE

CZ 621.318.2

Hesselbach, H. **Magneți AlNiCo având caracteristici îmbunătățite** In : Radio-Mentor **30**, nr. 1, ian 1964, p. 35—36, 3 fig., 1 tab.

CZ 621.318.3/4 :537.312.62 :621.313.002.2

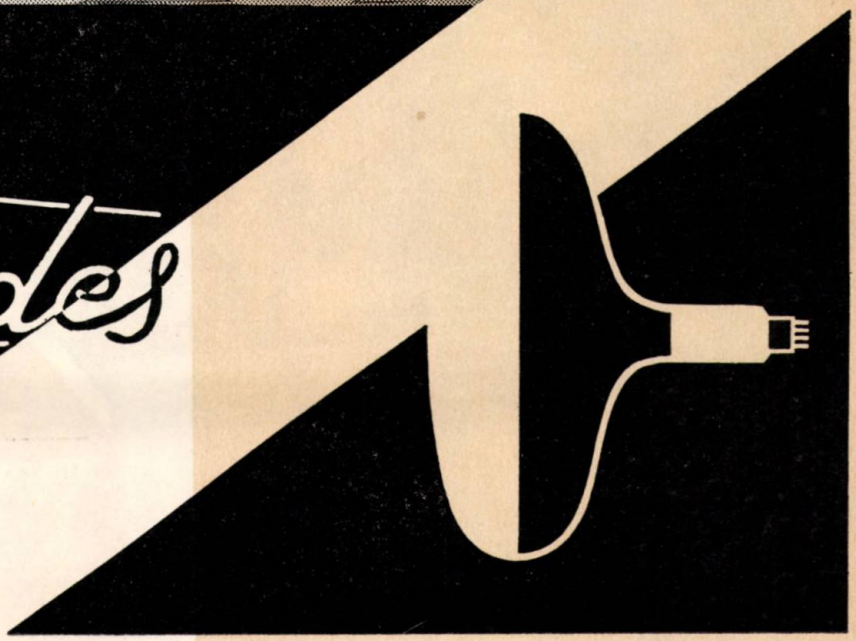
Kazovski, E. I. și *Kartev, A. P.* **Posibilitățile de folosire a materialelor supraconductoare în electrotehnică.** In : Elektrotehnika **35**, nr. 1, ian 1964, p. 22—26, 7 fig., 1 tab., 14 ref. bibl.

CZ 621.318.5 :061.43 (43—2.27) „1964"

Rimmark, L. **Relee.** In : Elektrotechn. Zeit. (ETZ—B) **16**, nr. 13, 19 iunie 1964, p. 352—358, 5 fig.

LEUCHT STOFFE

Modes



SUBSTANȚE FLUORESCENTE

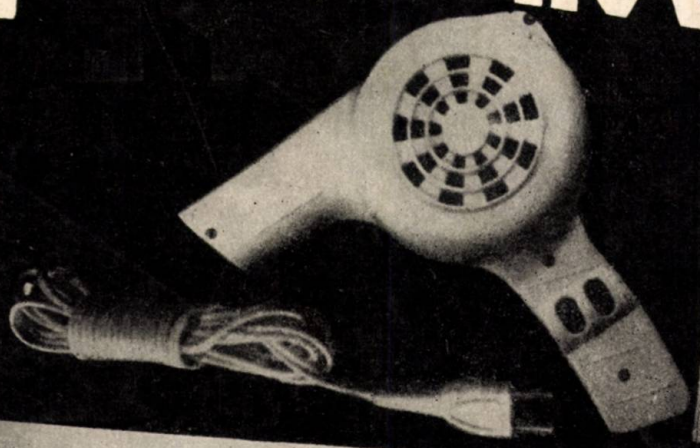
PENTRU:

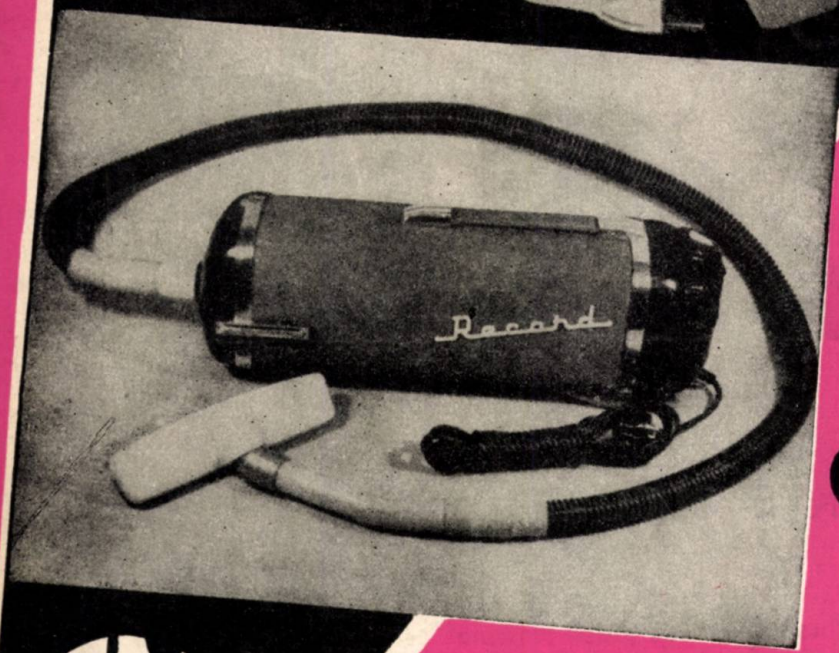
- Lămpi fluorescente de joasă tensiune
- Reclame luminoase
- Lămpi cu mercur, cu presiune înaltă
- Oscilografie și televiziune
- Tehnica Röntgen.

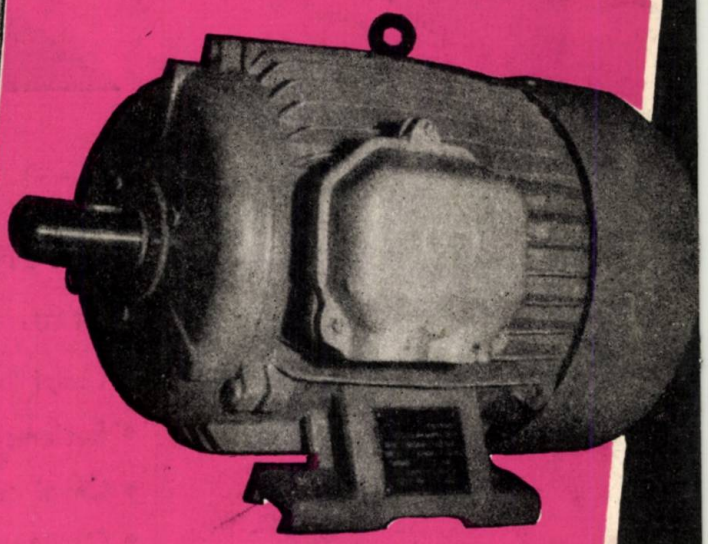
LWL

VEB Leuchtstoffwerk Bad Liebenstein
Band Liebenstein- Ernst-Thälmann-Strasse 12 — Postfach 35
REPUBLICA DEMOCRATĂ GERMANĂ

Întreprinderea ELECTROMOTOR TIMIȘOARA







Execută:

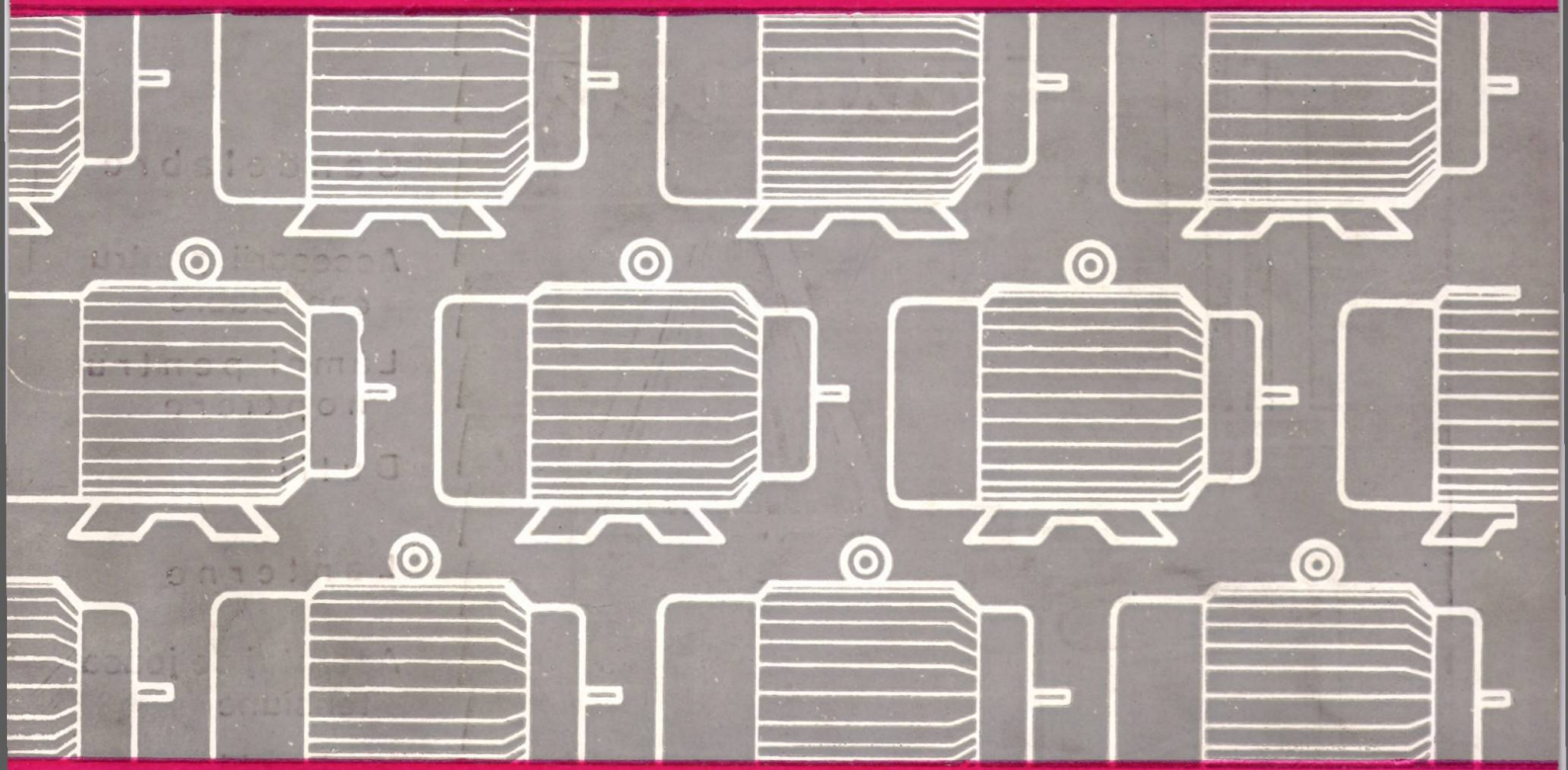
- **motoare electrice asincrone trifazate, cu rotorul în scurtcircuit, protecție IP 44, de 4—30 kW**
- **aspiratoare de praf tip „Record"**
- **uscătoare de păr tip „Zefir"**
- **ventilatoare de masă**

E 2040

REFERÁLVA

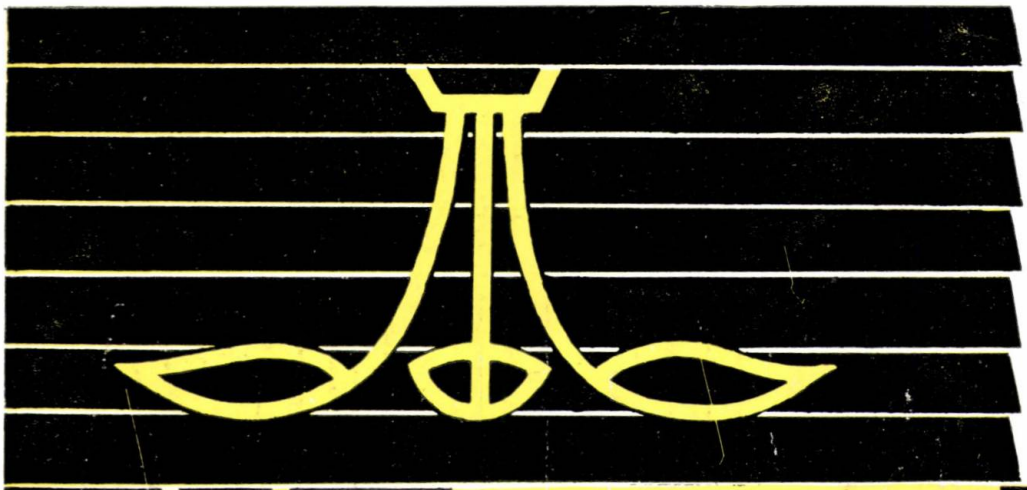
R

ELECTROTEHNICA



Electrotehnica • Bucureşti • Anul 12 • nr. 11 • P 405 — 444 • noiembrie 1964

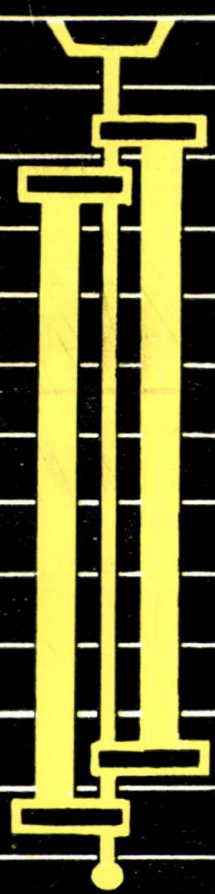
11

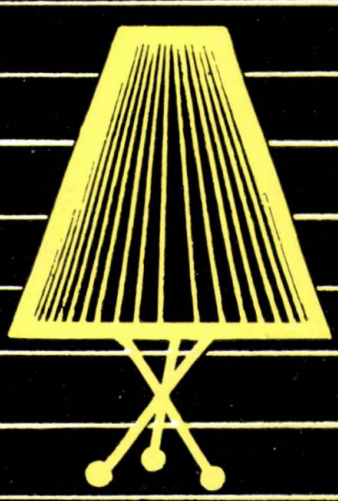


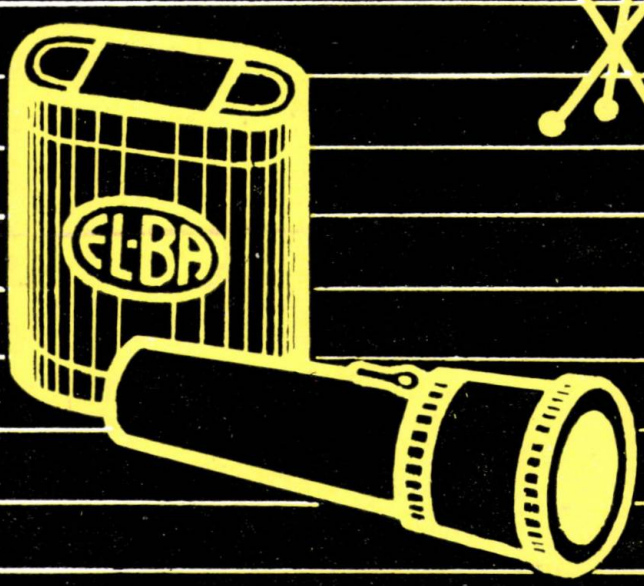
EL-BA

ELECTRO-BANAT

fabrică:

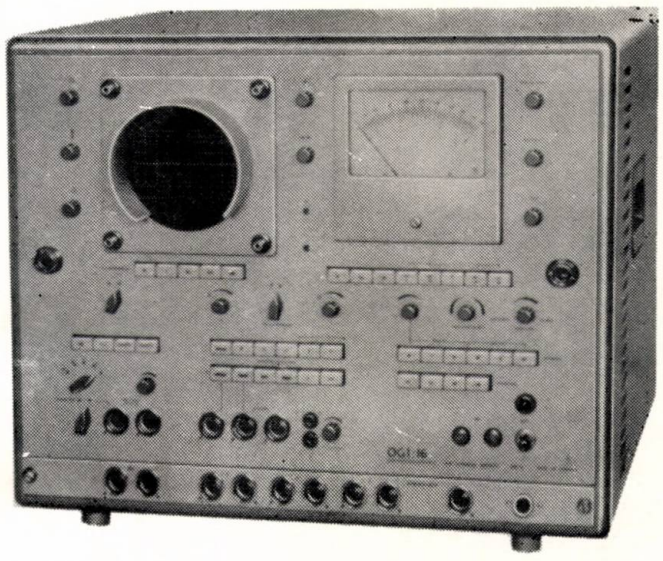






- Candelabre
- Accesorii pentru candelabre
- Lămpi pentru noptiere
- Dulii
- Lanterne
- Aparataj de joasă tensiune
- Baterii
- Pile electrice
- Corpuri de iluminat pentru vehicule
- Aparataj pentru vehicule

E 2040



OSCILOGRAFUL DE IMPULSURI OG 1–16

Oscilograf special pentru măsurări la instalaţiile de emisie şi transmisie de televiziune.

Aparatul este echipat cu dispozitive speciale, ca: filtru de amplitudine, filtru de liniaritate, conector de borne, măsurător de prag, filtru de buclare etc.

Pentru manevrare rapidă, operaţiile esenţiale sînt stabilite prin butoane.

Lăţimea benzii, 0—12 MHz

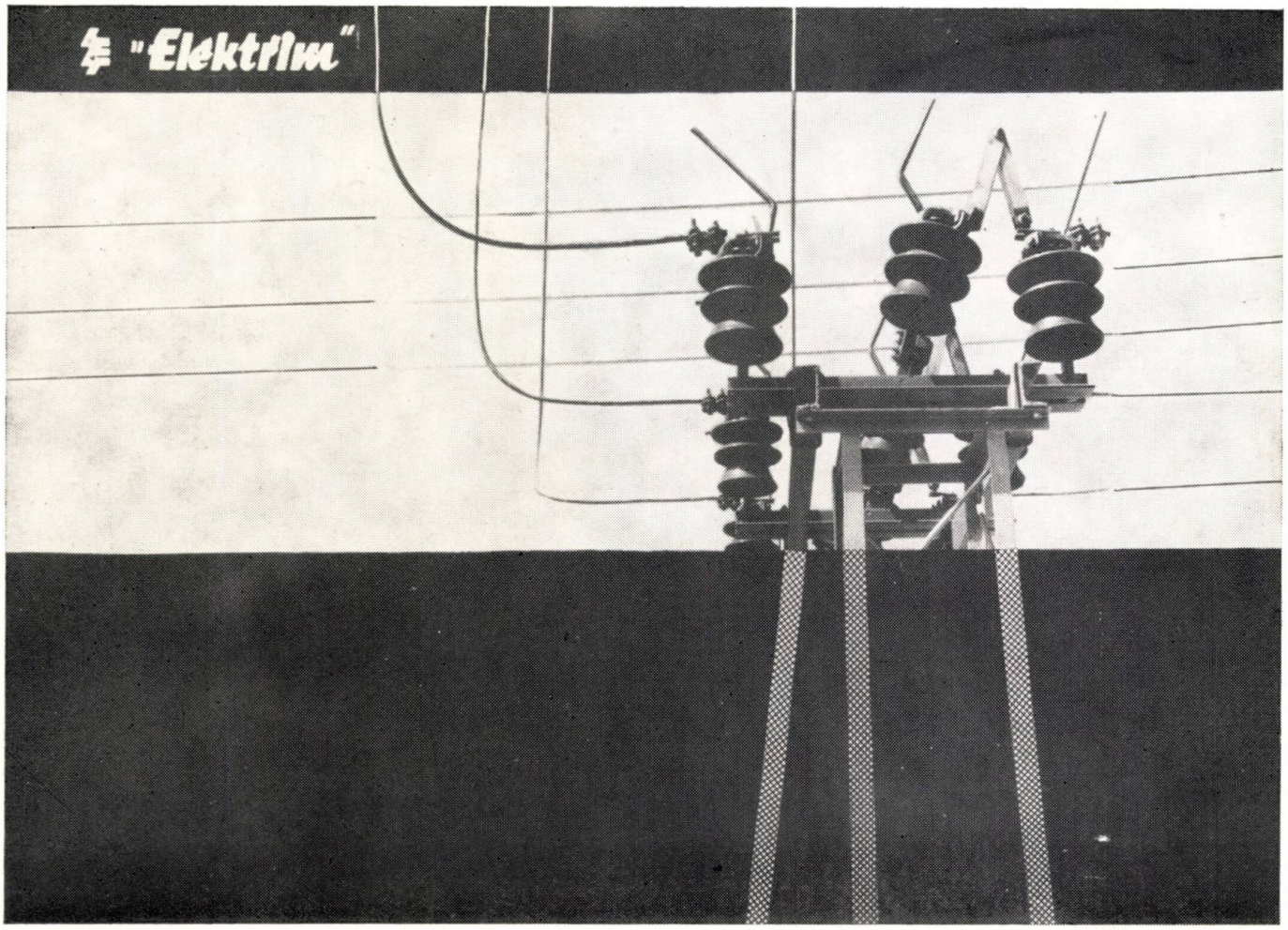
Factorul de deviere, $U_{ss} = 50$ mV/cm

Scara de timp cu extensie, 10 ns/cm — 100 ms/cm

Exportator: Deutscher Innen- und Aussenhandel

Elektrotechnik

BERLIN N 4, CHAUSSEESTR. 111/112
REPUBLICA DEMOCRATĂ GERMANĂ



Aparataj de joasă tensiune

Întreruptoare de rețea

Contactoare pînă la 400 A

Întreruptoare automate de scurtcircuit pînă la 2 500 A

Stații de distribuție în aer liber, deschise și protejate, din tablă și din fontă

Aparataj pentru mașini de ridicat

Aparataj pentru mine, protejat împotriva exploziilor

EXPORTATOR EXCLUSIV:

SOCIETATEA POLONĂ DE COMERȚ EXTERIOR PENTRU ELECTROTEHNICĂ. SOCIETATE CU DOMENIU LIMITAT

Elektrim

Varșovia 1, str. Czackiego 15/17 — POLONIA
Telex: 81 — 347 Căsuța poștală 638

ELECTROTEHNICA

Anul 12 nr. 11 noiembrie 1964

CUPRINS

CZ 621.372.2.011.1 : 512.831

Pololea, E. : **Ecuaţiile matriciale ale reţelelor electrice.**

Electrotehnica 12, nr. 11, noiembrie 1964, p. 405–412

Se scriu ecuaţiile de funcţionare a reţelelor electrice cu ajutorul matricelor de incidenţă din teoria grafului. Se obţin într-un mod sistematic diferitele forme ale ecuaţiilor topologice şi se ajunge la unele forme noi, care se dovedesc utile în studiul reţelelor electrice cu curenţi la noduri.

CZ 621.315.619.3.017.73.002.2

Nicola, Gr. şi *Şonfeleănu, M.* : **Noi tipuri de prafuri de presare cu înaltă stabilitate termică şi bune proprietăţi mecanice pentru scopuri electrotehnice.**

Electrotehnica 12, nr. 11, noiembrie 1964, p. 413–420

Se prezintă noi tipuri de prafuri de presare electrotehnice realizate la I.C.P.E. pe bază de răşini fenol- sau crezolformaldehidice modificate cu umpluturi de natură anorganică (sticlă şi azbest) necesare pentru construcţia maşinilor şi aparatelor electrice la care se cer înalte proprietăţi termice, bune proprietăţi mecanice şi excelente proprietăţi electrice, în condiţii normale, la temperatură înaltă, cum şi în medii cu umiditate ridicată.

De asemenea, se prezintă rezultatele obţinute prin determinarea proprietăţilor mecanice, termice şi electrice, în condiţii normale, la temperatură înaltă, cum şi la umiditate.

CZ 621.318.22 : 538.652 : 621.373.421.13

Friedman, Al. : **Ferite magnetostrictive.**

Electrotehnica 12,, nr. 11, noiembrie 1964, p. 420–426

Se prezintă aplicaţiile feritelor magnetostrictive la traductoarele magnetostrictive. Se arată care sînt proprietăţile acestor ferite, cum şi influenţa compoziţiei şi a procedeului de preparare asupra calităţilor feritei. Se arată, de asemenea, elementele de construcţie a traductoarelor magnetostrictive şi aplicaţiile lor.

CZ 621.317.333.6.017.21.035.2

Berinde, V. : **Influenţa electrozilor folosiţi la determinarea permitivităţii şi tangenta unghiului de pierderi ale materialelor plastice.**

Electrotehnica 12, nr. 11, noiembrie 1964, p. 426–428

Se prezintă stadiul actual în tehnica măsurărilor factorului de pierderi şi permitivităţii, cum şi rezultatele încercărilor efectuate de autori la I.C.P.E., cu diferite tipuri de electrozi.

RECENZII 429–432

REFERATE 432–435

CRONICĂ 435–443

SCURTE ŞTIRI 444

RECOMANDĂRI
pentru autori

1. Lucrările care pot fi prezentate spre publicare sînt : de importanţă generală, tehnico-ştiinţifice speciale, teoretice sau experimentale şi tehnice obişnuite.

2. Lucrările vor fi axate pe aducerea la îndeplinire a sarcinilor trasate de Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. — îndeosebi introducerea tehnicii noi, ridicarea calităţii produselor, reducerea preţului de cost, creşterea productivităţii muncii etc. Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învăţămînt, producţie este condiţia esenţială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuţie să se refere la probleme noi şi actuale de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde consideraţii privind eficienţa economică a soluţiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.

3. Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

4. Lucrările care au mai fost publicate integral sau parţial nu pot fi trimise redacţiei spre publicare.

5. Un scurt rezumat, fixînd premisele de la care s-a pornit problema studiată şi cadrul în care este tratată, nedepăşind 4—5 rînduri, va fi anexat lucrării.

6. In introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei şi în preocupările producţiei ; de asemenea, se arată scopul lucrării subliniindu-se contribuţia autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permiţînd inteligibilitatea fără dificultăţi a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstraţii voluminoase ; de asemenea, se va evita repetarea în text a aceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic — ilustrativ, tabele etc.

7. Concluziile vor concentra rezultatele obţinute cu indicarea limitei de valabilitate şi aplicaţiile posibile.

8. Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmaţiile luate din alte lucrări şi care nu sînt în general cunoscute.

9. Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înţelegerii raţionamentului.

10. Se recomandă o atenţie deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii şi exponenţii se vor scrie mai mici decît baza şi aşezaţi mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă, literele majuscule, minuscule sau cele ruseşti, romane, greceşti, germane etc.

11. Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cum şi figuri sau tabele), atît cele speciale cît şi cele generale. Se vor indica toate datele în transcripţii originale. Pentru cărţi : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual şi tradus, în paranteză), ediţia, editorul, locul editurii, anul. Pentru articole : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual şi tradus, în paranteză), revista, volumul, luna, numărul, anul, paginile.

12. Scrisul la maşină al articolelor este recomandat cu insistenţă, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic.

Se scrie pe o singură pagină-faţă, la două rînduri (2 000 semne de pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.

13. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicaţii.

14. Articolele se trimit cu o notă însoţitoare pe adresa redacţiei. In notă se vor indica : titlul, funcţiile, localitatea şi adresa domiciliului, numărul de telefon.

15. Lucrările executate în cadrul diverselor instituţii sau organizaţii vor purta aprobarea acestora pentru publicare.

16. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări în corectură faţă de manuscris.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.372.2.011.1: 512.831

Потоля Е.: **Матричные уравнения электросетей.**

Electrotehnica 12, № 11, ноябрь 1964., стр. 405–412

Записываются уравнения работы электросетей с помощью инцидентных матриц из теории графа. Систематически достигаются различные виды топологических уравнений и получаются новые виды, полезные при изучении электрических сетей с токами в узлах.

ДК 621.315.619.3.017.73.002.2

Никола Гр. и *Шонфеляну М:* **Новые типы электротехнических порошков для прессования с повышенной тёплостойкостью и хорошими механическими свойствами для электротехнических целей.**

Electrotehnica 12, № 11, ноябрь 1964., стр. 413–420

Приводятся в ICPE новые типы электротехнических порошков для прессования на основе феноло-или крезоло-формоло-альдегидных смол, модифицированные неорганическими заполнителями (стекло и асбест), необходимые для строительства машин и электрических аппаратов, к которым предъявляются следующие требования: повышенная тёплостойкость, хорошие механические и замечательные электрические свойства при обычных условиях, при температуре и в средах с повышенной влажностью.

Также приводятся результаты, полученные при определении механических, тепловых и электрических свойств, при обычных условиях, при температуре, а также и влажности

ДК 621-318.22: 538.652: 621.373.421.13

Фридман Ал.: **Магнитострикгивные ферриты.**

Electrotehnica 12, № 11, ноябрь 1964., стр. 420–426

Приводятся применения магнитострикгивных феррит на магнитострикгивных датчиках. Указываются свойства данных феррит, а также и влияние состава и способа изготовления на качества феррит. При этом указываются строительные элементы магнитострикгивных датчиков и их применения.

ДК 621.317.333.6.017.035.2.21.

Беринде В.: **Влияние электродов, применяемых при определении диэлектрической проницаемости и тангене угла потерь пластмасс.**

Electrotehnica 12, № 11, ноябрь 1964., стр. 426–428

Приводится настоящая стадия в технике измерений коэффициента потерь и диэлектрической проницаемости, а также и результаты, проведенных авторами испытаний в ICPE, электродами различных типов.

РЕЦЕНЗИИ 429–432

РЕФЕРАТЫ 432–435

ХРОНИКА 435–443

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ 444

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.372.2.011.1 : 512.831

Pololea, E. : **Die Matrizengleichungen der elektrischen Netze.**

Electrotehnica 12, H. 11, November 1964, S. 405–412

Es werden die Arbeitsgleichungen der elektrischen Netze mit Hilfe der aus der graphischen Theorie entstandenen Matrizen aufgeschrieben. Es werden auf systematischer Art die verschiedenen Forme der Zustandsgleichungen erhalten und gelangt man dadurch zu einigen neuen Formen, die sich als nützlich zur Untersuchung der elektrischen Netzen mit belasteten Knotenpunkten erwiesen haben.

DK 621.315.619.3.017.73.002.2

Nicola, Gr. und *Şonfeleanu, M.* : **Neue Presspulversorten mit hoher Wärmestabilität und guten mechanischen Eigenschaften, für elektrotechnische Zwecke.**

Electrotehnica 12, H. 11, November 1964, S. 413–420

Es werden neue elektrotechnische Presspulversorten, die von ICPE auf Grund der Phenol oder Kresol-formaldehidischen Harze mit Einschlüssen anorganischer Ursprung (Glass und Asbest) hergestellt werden, vorgelegt.

Diese neue Werkstoffe werden beim Bau der elektrischen Maschinen und Aparate verwendet, wo hohe Wärme — und mechanische Eigenschaften, unter normalen Bedingungen, sowie bei hohen Temperaturen und Feuchtigkeitsgraden, verlangt werden.

Gleichzeitig werden die Versuchsergebnisse, die durch die Messungen der mechanischen, thermischen und elektrischen Eigenschaften, unter normalen Bedingungen, sowie bei hohen Temperaturen und hoher Feuchtigkeit, erhalten werden, vorgelegt.

DK 621.318.22 : 538.652 : 621.373.421.13

Friedmann, Al. : **Magnetostriktivbare Ferrite.**

Electrotehnica 12, H. 11, November 1964, S. 420–426

Es wird die Verwendung der magnetostriktivbaren Ferrite bei den magnetischen Transduktoren vorgelegt. Es werden die Eigenschaften dieser Ferrite sowie der Einfluss der Zusammensetzung und der Herstellungsart auf die Ferriteigenschaften gezeigt.

Es werden gleichfalls die Aufbauelemente der magnetostriktivbaren Transduktoren und deren Anwendung gezeigt.

DK 621.317.333.6.017.21.035.2

Berinde, V. : **Der Einfluss der bei der Bestimmung der dielektrischen Konstante und des Verlustwinkel der Pressmaterialien verwendeten Elektroden.**

Electrotehnica 12, H. 11, November 1964, S. 426–428

Es wird das jetzige Stadium der Messtechnik der dielektrischen Konstante und des Verlustwinkels sowie die bei ICPE vom Verfasser mit verschiedenen Elektrodentypen ausgeführten Messungen und die damit erhaltenen Ergebnisse vorgelegt.

REZENSIONEN 429–43

REFERATE 432–435

CHRONIK 435–443

KURZE NACHRICHTEN 444

OPSZ MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1883

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.

Anul 12 nr. 11 București, noiembrie 1964

Ecuațiile matriciale ale rețelelor electrice

Eugen Potolea* — București

CZ 621.372.2.011.1 : 512.831

În această lucrare se urmărește obținerea ecuațiilor de funcționare a rețelelor electrice cu ajutorul matricelor de incidență din teoria grafului. În acest scop se dezvoltă ideea asocierii mărimilor de stare electrică la laturile și la nodurile grafului și se arată că ecuațiile de funcționare, care conțin numai mărimi de stare electrică, se obțin fără a mai face apel la legile și teoremele utilizate în electrotehnică, deoarece acestea au fost luate în considerare atunci cînd s-a făcut asocierea. În acest mod se scriu relațiile de bază (12) și (14), dintre care prima se folosește în forma generală (13) pentru rețeaua cu curenți la noduri. Folosind relația (13) se obțin în continuare relațiile (18) și (19), neîntîlnite în literatura de specialitate.

1. Noțiuni de topologie a rețelelor electrice

Proprietățile topologice ale rețelelor electrice sînt determinate de schemele echivalente de calcul, în care se face abstracție de caracteristicile electrice: impedanțele sau admitanțele și sursele de tensiune sau de curent. Schema echivalentă de calcul, eliberată de caracteristicile electrice, devine o configurație geometrică de laturi și noduri, care poartă numele de graf. Proprietățile topologice ale grafului obținut vor fi proprietățile topologice ale schemei de calcul considerate.

În figura 1 s-au reprezentat schema de calcul și graful corespunzător al unei rețele electrice. Schema de calcul cuprinde ca elemente pasive numai impedanțe proprii, iar ca elemente active, tensiunile electromotoare E_2 și E_4, cum și curenții I_{n1}, I_{n2}, I_{n3}, injectați sau ejectați la noduri. Graful corespunzător cuprinde numai laturi și noduri, numerotate la fel ca în schema echivalentă. Se observă că pămîntul fictiv din schema echivalentă de calcul corespunde cu nodul 4 al grafului.

Înainte de a trece la studiul proprietăților topologice ale grafului se dau cîteva definiții de bază din teoria grafului.

1. 1. *Definiții*

A r b o r e l e este un subgraf (o parte a grafului) ale cărui laturi nu formează circuite închise. Dacă arborele conține toate nodurile grafului, atunci este un arbore complet. Un graf poate avea mai mulți arbori completi.

C o a r d a este o latură care nu face parte dintr-un arbore complet. Laturile coardă, complementare unui arbore complet, formează subgraful corzilor, corespunzător arborelui complet considerat.

C i c l u l este un subgraf constituit dintr-un circuit închis. Într-un graf pot exista un număr finit de cicluri, dintre care unele sînt independente, iar altele sînt dependente, adică se pot forma din combinarea celor independente. Un sistem de cicluri independente este dat de ciclurile formate din cîte o latură coardă și laturile corespunzătoare ale arborelui. Numărul ciclurilor independente este egal cu numărul laturilor coardă $(l - n + 1)$.

S e c ț i o n a r e a este o tăietură convențională prin laturile grafului. Într-un graf pot exista un număr finit de secționări dintre care unele sînt independente, iar altele sînt dependente, adică se pot obține din combinarea celor independente. Un sistem de secționări independente este dat de secționările efectuate prin cîte o latură arbore și laturile coardă corespunzătoare. Numărul secționărilor independente este egal cu numărul laturilor arbore $(n - 1)$.

I n c i d e n ț a este o noțiune utilizată în teoria grafului cu următoarele semnificații: se consideră că o latură este incidentă la un nod, atunci cînd acesta este un punct terminal

* Cd. șt. tehn., ing. *E. Pololea* este conferențiar la I.P.B., catedra „Rețele electrice".

al laturii; se consideră că o latură este incidentă la un ciclu, atunci cînd latura face parte din ciclu; se consideră că o latură este incidentă la o secționare, atunci cînd aceasta taie latura.

Orientarea înseamnă stabilirea unor sensuri pozitive pentru laturile grafului, cum și pentru ciclurile și secționările care se pot forma. Alegînd sensurile pozitive ale laturilor și indicîndu-le, de exemplu, prin săgeți, se obține un graf orientat. După orientarea laturilor se stabilește ulterior și orientarea ciclurilor și secționărilor.

În cele ce urmează se vor considera numai grafuri orientate. Pentru a nu complica desenul cu săgeți, se admite că orientările laturilor au întotdeauna sensul pozitiv de la nodul cu număr de ordine mai mic la nodul cu număr de ordine mai mare.

Proprietățile topologice ale unui graf se studiază cu ajutorul matricelor de incidență a laturilor cu nodurile grafului, cum și cu ciclurile și secționările independente care se pot forma în graful considerat. Forma matricelor de incidență depinde de alegerea arborelui complet al grafului, adică de alegerea și ordonarea laturilor arbore și a laturilor coardă.

Alegerea unui arbore complet oarecare se poate face folosind următoarea metodă generală.

Se numerotează nodurile grafului la întîmplare și apoi se aleg laturile arbore în funcție de această numerotare.

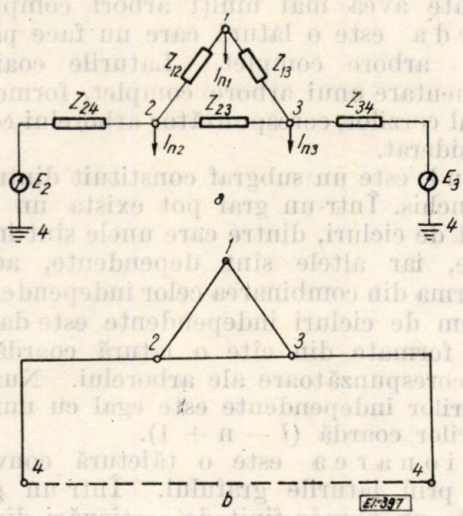


Fig. 1: *a* — schema de calcul și *b* — graful corespunzător ale unei rețele electrice.

Se scriu primele $n-1$ laturi L_{hi} în ordinea crescătoare a indicelui h, în timp ce indicele i rămîne nedeterminat:

$$L_{1x}, L_{2y} \ldots\ldots L_{(n-1)z}.$$

Examinînd succesiv nodurile $N_1, N_2, \ldots N_{n-1}$ se alege pentru cel de-al doilea indice ($i = x, y \ldots z$) o valoare imediat superioară primului indice ($h = 1, 2, 3 \ldots n-1$). După epuizarea șirului de laturi arbore se examinează din nou nodurile și se scriu toate laturile rămase, respectînd aceeași regulă a indicilor crescători ($h > i$). Este posibil ca la scrierea șirului de laturi arbore să se ajungă la un nod N_h în care nu există o latură L_{hi} cu indicii $h > i$. Ca

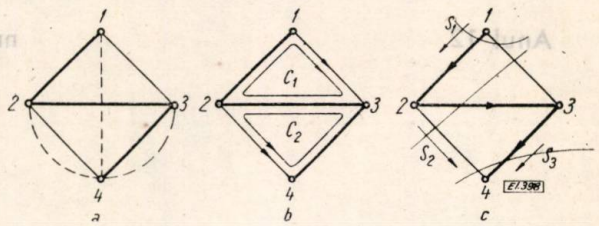


Fig. 2. Graful unei rețele electrice:
a — arborele grafului; *b* — ciclurile independente; *c* — secționările independente.

urmare se va obține un număr mai redus de laturi arbore.

După ce au fost scrise toate laturile, se trec, în categoria laturilor arbore, ultimele laturi scrise în categoria coardelor.

Aplicînd aceste reguli grafului din figura 1 se obține arborele reprezentat în figura 2 prin linii groase (L_{12}, L_{23} L_{34}).

1. 2. Matricea de incidență a nodurilor

Matricea de incidență a nodurilor cu laturile unui graf sau, pe scurt, matricea de incidență a nodurilor este formată din n rînduri și l coloane. Rîndurile matricei corespund celor n noduri, notate cu N_j, iar coloanele matricei corespund celor l laturi, notate cu L_{hi}. Rîndurile N_j se aranjează în ordinea crescătoare a indicelui j, iar coloanele L_{hi} se aranjează în ordinea laturilor arbore și a laturilor coardă, obținîndu-se astfel matricea de incidență corespunzătoare arborelui complet ales.

Fiecare coloană L_{hi} a matricei se completează după cum urmează: la intersecția cu rîndul N_h se scrie $+1$; la intersecția cu rîndul N_i se scrie -1, iar la intersecția cu celelalte rînduri se scrie 0.

Aplicînd aceste reguli grafului din figura 2, se obține următoarea matrice de incidență a nodurilor:

$$\| A_0 \| = \begin{array}{c|ccccc} & L_{12} & L_{23} & L_{34} & L_{13} & L_{24} \\ \hline N_1 & 1 & & & 1 & \\ N_2 & -1 & 1 & & & 1 \\ N_3 & & -1 & 1 & -1 & \\ N_4 & & & -1 & & -1 \end{array} \qquad (1)$$

Se observă că în matricea $\| A_0 \|$ suma termenilor de pe fiecare coloană este 0. Rezultă că unul dintre rîndurile matricei $\| A_0 \|$ poate fi scris

fără a mai examina graful, adică unul dintre rîndurile matricei $\| A_0 \|$ poate fi considerat ca o consecință a celorlalte rînduri. Îndepărtînd un rînd oarecare N_j din matricea $\| A_0 \|$ se obține matricea de incidență redusă $\| A \|$, pentru care nodul N_j reprezintă nodul de referință sau de echilibrare.

În cazul grafului din figura 2, *a* se alege nodul 4 ca nod de referință și se obține matricea de incidență redusă :

$$\| A \| = \begin{array}{c|c|c|c|c|c} & L_{12} & L_{23} & L_{34} & L_{13} & L_{24} \\ \hline N_1 & 1 & & & 1 & \\ \hline N_2 & -1 & 1 & & & 1 \\ \hline N_3 & & -1 & 1 & -1 & \end{array} \qquad (2)$$

Matricea $\| A \|$ poate fi despărțită în două submatrice $\| A_1 \|$ și $\| A_2 \|$ corespunzătoare laturilor arbore și laturilor coardă :

$$\| A \| = \left| \| A_1 \| \; \| A_2 \| \right| \qquad (3)$$

Se observă că submatricea $\| A_1 \|$ este întotdeauna nesingulară, avînd $n - 1$ rînduri și $n - 1$ coloane, iar submatricea $\| A_2 \|$ este, în general, singulară, deoarece are $n - 1$ rînduri și $l - n + 1$ coloane.

1.3. Matricea de incidență a ciclurilor

Matricea de incidență a ciclurilor cu laturile unui graf sau, pe scurt, matricea de incidență a ciclurilor se scrie pentru sistemul de cicluri independente care corespund arborelui complet, ales cu ocazia scrierii matricei de incidență a nodurilor. Coloanele matricei de incidență a ciclurilor sînt aranjate și notate la fel ca la matricea $\| A \|$. Rîndurile matricei de incidență a ciclurilor sînt aranjate în ordinea laturilor coardă și notate cu litere corespunzătoare ciclurilor C_k. Fiecărui ciclu C_k i se atribuie un sens pozitiv corespunzător sensului pozitiv al coardei pe care o conține.

Fiecare rînd C_k al matricei se completează după cum urmează : la intersecția cu o coloană L_{hi} se scrie $+1$, dacă sensul pozitiv al laturii corespunde cu sensul pozitiv al ciclului, se scrie -1 dacă sensul pozitiv al laturii nu corespunde cu sensul pozitiv al ciclului, și se scrie 0 dacă latura nu face parte din ciclul considerat.

Aplicînd aceste reguli grafului din figura 2, *b* se obține următoarea matrice de incidență a ciclurilor :

$$\| B \| = \begin{array}{c|c|c|c|c|c} & L_{12} & L_{23} & L_{34} & L_{13} & L_{24} \\ \hline C_1 & -1 & -1 & & 1 & \\ \hline C_2 & & -1 & -1 & & 1 \end{array} \qquad (4)$$

Matricea $\| B \|$ poate fi despărțită în două submatrice $\| B_1 \|$ și $\| B_2 \|$ corespunzătoare laturilor arbore și laturilor coarde :

$$\| B \| = \left| \| B_1 \| \; \| B_2 \| \right| = \left| \| B_1 \| \; \| U \| \right| \qquad (5)$$

Se observă că submatricea $\| B_1 \|$ este, în general, singulară, deoarece are $n - 1$ coloane și $l - n + 1$ rînduri, iar submatricea $\| B_2 \|$ este întotdeauna o matrice unitate $\| U \|$ de rangul $l - n + 1$.

1.4. Matricea de incidență a secționărilor

Matricea de incidență a secționărilor cu laturile unui graf sau, pe scurt, matricea de incidență a secționărilor se scrie pentru sistemul de secționări independente, care corespunde arborelui complet, ales cu ocazia scrierii matricei de incidență a nodurilor. Coloanele matricei de incidență a secționărilor sînt aranjate și notate la fel ca la matricea $\| A \|$. Rîndurile matricei de incidență a secționărilor sînt aranjate în ordinea laturilor arbore și notate cu litere corespunzătoare secționărilor S_l. Fiecărei secționări S_l i se atribuie un sens pozitiv corespunzător sensului pozitiv al laturii arbore pe care o secționează.

Fiecare rînd S_l al matricei se completează după cum urmează : la intersecția cu o coloană L_{hi} se scrie $+1$ dacă sensul pozitiv al laturii corespunde cu sensul pozitiv al secționării, se scrie -1 dacă sensul pozitiv al laturii nu corespunde cu sensul pozitiv al secționării, și se scrie 0 dacă latura nu este incidentă la secționarea considerată.

Aplicînd aceste reguli grafului din figura 2, *c* se obține următoarea matrice de incidență a secționărilor :

$$\| C \| = \begin{array}{c|c|c|c|c|c} & L_{12} & L_{23} & L_{34} & L_{13} & L_{24} \\ \hline S_1 & 1 & & & 1 & \\ \hline S_2 & & 1 & & 1 & 1 \\ \hline S_3 & & & 1 & & 1 \end{array} \qquad (6)$$

Matricea $\| C \|$ poate fi împărțită în două submatrice $\| C_1 \|$ și $\| C_2 \|$ corespunzătoare laturilor arbore și laturilor coardă :

$$\| C \| = \left| \| C_1 \| \; \| C_2 \| \right| = \left| \| U \| \; \| C_2 \| \right| \qquad (7)$$

Se observă că submatricea $\| C_1 \|$ este întotdeauna matricea unitate de rangul $n - 1$, iar submatricea $\| C_2 \|$ este, în general, singulară, deoarece are $n - 1$ rînduri și $l - n + 1$ coloane.

1.5. Relații între matricele de incidență

Între matricele de incidență ale unui graf există două relații pe care le vom da fără demonstrație:

$$\begin{cases} \| A \| \ \| B \|_t = 0 \\ \| B \| \ \| C \|_t = 0 \end{cases} \tag{8}$$

Prima relație din (8) poate fi scrisă sub forma:

$$\left[\, \| A_1 \| \,\middle|\, \| A_2 \| \,\right] \left[\begin{array}{c} \| B_1 \|_t \\ \hline \| U \| \end{array}\right] = 0$$

sau:

$$\| A_1 \| \ \| B_1 \|_t + \| A_2 \| = 0,$$

din care rezultă:

$$\| B_1 \|_t = - \| A_1 \|^{-1} \| A_2 \|. \tag{9}$$

A doua relație din (8) poate fi scrisă sub forma:

$$\left[\, \| B_1 \| \,\middle|\, \| U \| \,\right] \left[\begin{array}{c} \| U \| \\ \hline \| C_2 \|_t \end{array}\right] = 0,$$

din care rezultă:

$$\| B_1 \| + \| C_2 \|_t = 0. \tag{10}$$

Relația (9) permite determinarea matricei $\| B \|$ atunci cînd este cunoscută matricea $\| A \|$, iar relația (10) permite determinarea reciprocă a matricelor $\| C \|$ sau $\| B \|$, atunci cînd este cunoscută una dintre aceste matrice.

Cunoașterea matricei $\| A \|$ este necesară și suficientă pentru descrierea tuturor proprietăților topologice ale grafului, inclusiv pentru determinarea matricelor $\| B \|$ și $\| C \|$ cu ajutorul relațiilor (9) și (10). Se observă că matricea $\| A \|$ nu poate fi obținută prin calcul din matricele $\| B \|$ și $\| C \|$, deoarece relațiile (9) și (10) nu oferă această posibilitate. În consecință cunoașterea matricelor $\| B \|$ și $\| C \|$ nu este suficientă pentru descrierea tuturor proprietăților topologice ale unui graf.

2. Ecuațiile de funcționare a rețelelor electrice

Se vor împărți ecuațiile de funcționare a unei rețele în două categorii:

— ecuații în care intervin numai mărimile de stare electrică a rețelei, cum sînt curenții de conducție și tensiunile la borne;

— ecuații în care intervin mărimile electrice de material, cum sînt impedanțele și tensiunile electromotoare.

Prima categorie de ecuații se scrie ținînd seamă de proprietățile topologice ale rețelei, iar a doua categorie se scrie independent de acestea. Vom numi prima categorie, ecuații topologice ale rețelei, iar a doua, ecuații de funcționare a laturilor.

2.1. Ecuațiile topologice ale rețelelor electrice

Se consideră o rețea electrică și graful corespunzător cu nodurile N_j numerotate de la 1 la n și cu laturile L_{hi} orientate de la indicele mai mic la indicele mai mare.

Fiecărei laturi L_{hi} a grafului i se asociază o tensiune la borne V_{hi} și un curent de conducție I_{hi}, iar fiecărui nod N_j, cu excepția celui de referință, i se asociază un potențional V_{nj} (determinat față de potențialul nodului de referință) și un curent I_{nj}, extras sau injectat.

Mărimile de stare electrică asociate grafului se așază în matrice coloane, ale căror termeni pot fi considerați drept componente ale unor vectori definiți prin relațiile:

$$\begin{aligned} \bar{V} &= (V_{12}, V_{23}, \ldots); \ l \text{ componente} \\ \bar{I} &= (I_{12}, I_{23}, \ldots); \ l \text{ componente} \\ \bar{V}_n &= (V_{n1}, V_{n2}, \ldots); \ n-1 \text{ componente} \\ \bar{I}_n &= (I_{n1}, I_{n2}, \ldots); \ n-1 \text{ componente} \end{aligned} \tag{11}$$

Asocierea mărimilor de stare electrică la laturile și la nodurile grafului este în conformitate cu legile folosite în electrotehnică. Asocierea curenților I_{hi} la laturi este în conformitate cu prima teoremă a lui Kirchhoff, iar asocierea tensiunilor V_{hi} la laturi și a potențialelor V_{nj} la noduri este în conformitate cu teorema potențialului scalar. Pentru aceste motive se vor obține în continuare relațiile dintre mărimile de stare electrică, folosind matricele caracteristice ale grafului, fără a mai face apel la legile din electrotehnică. Dat fiind că matricea $\| A \|$ determină toate proprietățile topologice ale grafului, folosirea ei va permite scrierea relațiilor celor mai generale pentru mărimile de stare electrică ale rețelei.

Se consideră matricea $\| A \|$ și se asociază coloanelor sale curenții din laturi I_{hi}, iar rîndurilor sale, curenții la noduri $I_{ni} = 0$, dintr-o rețea fără curenți la noduri. În aceste condiții matricea $\| A \|$ reprezintă matricea de conexiune dintre componentele vectorilor $\bar{I}$ și $\bar{I}_n$ definiți de relația (11):

$$\| A \| \ \| I \| = 0. \tag{12}$$

Plecînd de la relația (12) se poate stabili o relație mai generală pentru rețeaua cu curenți la noduri. De exemplu, dacă se consideră rețeaua cu curenți la noduri din figura 1 se observă că acești curenți se închid prin trei coarde suplimentare, conectate la nodul de referință 4. Introducînd aceste coarde suplimentare în graful rețelei din figura 2 (coardele suplimentare au fost reprezentate în figură prin linii întrerupte) rezultă că matricea de incidență $\| A_c \|$ a grafului completat este constituită din matricea $\| A \|$ din (2), completată cu o submatrice $\| \Delta A \|$ a coardelor suplimentare:

$$\| A_c \| = \left[\, \| A \| \,\middle|\, \| \Delta A \| \,\right]$$

în care:

$$\| \Delta A \| = \begin{array}{c|ccc} & L_{14}^{c} & L_{24}^{c} & L_{34}^{c} \\ \hline N_1 & 1 & & \\ N_2 & & 1 & \\ N_3 & & & 1 \end{array} = \| U \|.$$

În mod analog matricea curenților $\| I_c \|$ din rețeaua completată cu laturi suplimentare este constituită din matricea inițială a curenților $\| I \|$, completată cu submatricea $\| I_n \|$ a curenților din laturile suplimentare:

$$\| I_c \| = \left| \begin{array}{c} \| I \| \\ \hline \| I_n \| \end{array} \right|$$

în care:

$$\bar{I} = (I_{12}, I_{23}, I_{34}, I_{13}, I_{24})$$
$$\bar{I}_n = (I_{n1}, I_{n2}, I_{n3}).$$

În general, dacă la nodurile unei rețele date se introduc curenții I_{nj}, care se închid prin nodul de referință, atunci graful rețelei trebuie completat cu laturile coardă corespunzătoare acestor curenți. Matricea de incidență $\| A \|$ se completează cu o submatrice unitate a noilor laturi coardă, iar matricea $\| I \|$ se completează cu submatricea curenților $\| I_n \|$. În aceste condiții relația (12) se scrie sub forma:

$$\left| \begin{array}{c|c} \| A \| & \| U \| \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} \| I \| \\ \hline \| I_n \| \end{array} \right| = 0,$$

din care rezultă:

$$\| A \| \, \| I \| = - \| I_n \|. \tag{13}$$

Relația (13) exprimă prima teoremă a lui Kirchhoff în cazul general al rețelei cu curenți la noduri. Conform convenției referitoare la orientarea laturilor grafului și a mărimilor asociate, curenții ejectați la noduri vor avea semnul plus, iar cei injectați, semnul minus.

Se consideră matricea $\| A \|_t$ și se asociază coloanelor potențiale nodurilor V_{nj}, iar rîndurilor, tensiunile la bornele laturilor V_{hi}. În aceste condiții matricea $\| A \|_t$ reprezintă matricea de conexiune dintre componentele vectorilor definiți de relațiile (11):

$$\| V \| = - \| A \|_t \, \| V_n \|. \tag{14}$$

Semnul minus din relația (14) a fost introdus dat fiind că tensiunile la bornele laturilor s-au considerat de sens contrar orientării pozitive a laturilor grafului.

Relațiile (13) și (14) sînt relațiile de bază care există între mărimile de stare electrică ale unei rețele. Plecînd de la aceste relații de bază se pot obține relații auxiliare exprimate cu ajutorul matricelor de incidență $\| B \|$ și $\| C \|$.

Se consideră relația (12) corespunzătoare rețelei fără curenți la noduri. Dacă matricea $\| I \|$ se desparte în două submatrice corespunzătoare laturilor arbore ($\| I_1 \|$) și laturilor coarde ($\| I_2 \|$), relația (12) se scrie sub forma:

$$\left| \begin{array}{c|c} \| A_1 \| & \| A_2 \| \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} \| I_1 \| \\ \hline \| I_2 \| \end{array} \right| = 0$$

sau

$$\| A_1 \| \, \| I_1 \| + \| A_2 \| \, \| I_2 \| = 0,$$

din care rezultă:

$$\| I_1 \| = - \| A_1 \|^{-1} \, \| A_2 \| \, \| I_2 \|$$

sau:

$$\| I_1 \| = \| B_1 \|_t \, \| I_2 \|. \tag{15}$$

Curenții din toate laturile rețelei pot fi exprimați în funcție de curenții din laturile coarde cu ajutorul relației:

$$\| I \| = \left| \begin{array}{c} \| I_1 \| \\ \hline \| I_2 \| \end{array} \right| = \left| \begin{array}{c} \| B_1 \|_t \\ \hline \| U \| \end{array} \right| \| I_2 \|$$

sau

$$\| I \| = \| B \|_t \, \| I_2 \|. \tag{16}$$

Înmulțind la stînga cu matricea $\| C \|$ și ținînd seamă de (8) se obține din (16):

$$\| C \| \, \| I \| = 0. \tag{17}$$

Relațiile (16) și (17) au fost obținute pentru cazul particular al rețelei fără curenți la noduri ($\bar{I}_n = 0$). Pentru a lua în considerare și curenții la noduri, se folosește relația (13) care se scrie sub forma:

$$\| A_1 \| \, \| I_1 \| + \| A_2 \| \, \| I_2 \| = - \| I_n \|,$$

din care rezultă:

$$\| I_1 \| = - \| A_1 \|^{-1} \| A_2 \| \, \| I_2 \| - \| A_1 \| \, \| I_n \|$$

sau:

$$\| I_1 \| = \| B_1 \|_t \, \| I_2 \| - \| A_1 \| \, \| I_n \|.$$

Curenții din toate laturile rețelei vor fi dați de relația:

$$\| I \| = \left| \begin{array}{c|c} \| B_1 \|_t & - \| A_1 \|^{-1} \\ \hline \| U \| & \| 0 \| \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} \| I_2 \| \\ \hline \| I_n \| \end{array} \right| \tag{18}$$

Înmulțind la stînga cu matricea $\| C \|$ și ținînd seamă de (8) se obține din (18):

$$\| C \| \, \| I \| = - \, \| A_1 \|^{-1} \, \| I_n \|. \quad (19)$$

Se consideră relația (14) și se înmulțește la stînga cu matricea $\| B \|$ astfel că ținînd seamă de (8) rezultă relația care exprimă cea de-a doua teoremă a lui Kirchhoff,

$$\| B \| \, \| V \| = 0. \quad (20)$$

Dacă matricea $\| V \|$ se desparte în două submatrice corespunzătoare laturilor arbore ($\| V_1 \|$) și laturilor coarde ($\| V_2 \|$), relația (20) se scrie sub forma:

$$\left| \, \| B_1 \| \;\; \| U \| \, \right| \left| \begin{matrix} \| V_1 \| \\ \hline \| V_2 \| \end{matrix} \right| = 0$$

sau:

$$\| B_1 \| \, \| V_1 \| + \| V_2 \| = 0,$$

din care rezultă:

$$\| V_2 \| = - \, \| B_1 \| \, \| V_1 \|,$$

sau:

$$\| V_2 \| = \| C_2 \|_t \, \| V_1 \|. \quad (21)$$

Tensiunile la borne din toate laturile rețelei pot fi exprimate în funcție de tensiunile la borne din laturile arbore cu ajutorul relației:

$$\| V \| = \left| \begin{matrix} \| V_1 \| \\ \hline \| V_2 \| \end{matrix} \right| = \left| \begin{matrix} \| U \| \\ \hline \| C_2 \| \end{matrix} \right| \| V_1 \|$$

sau:

$$\| V \| = \| C \|_t \, \| V_1 \|. \quad (22)$$

Ecuația topologică de bază (14) permite și exprimarea vectorului $\overline{V}_n$ în funcție de o parte din componentele vectorului $\overline{V}$. În acest scop relația (14) se desparte în două relații de forma:

$$\begin{cases} \| V_1 \| = - \, \| A_1 \|_t \, \| V_n \| \\ \| V_2 \| = - \, \| A_2 \|_t \, \| V_n \|. \end{cases} \quad (23)$$

Deoarece matricea $\| A_1 \|_t$ este nesingulară, rezultă din (23):

$$\| V_n \| = - \, \| A_1 \|_t^{-1} \, \| V_1 \|. \quad (24)$$

Din cele arătate rezultă că ecuațiile topologice de bază (13) și (14), exprimate cu ajutorul matricei $\| A \|$, pot fi înlocuite prin alte ecuații topologice exprimate cu ajutorul matricelor $\| B \|$ și $\| C \|$. Pentru a scoate în evidență simetria acestor ecuații s-au alcătuit tabelele 1 și 2 pentru rețele în care $\overline{I}_n = 0$ și $\overline{I}_n \neq 0$.

Tabela 1

Ecuațiile topologice ale rețelei electrice pentru $\overline{I}_n = 0$

Ecuațiile de bază	$\| A \| \, \| I \| = 0$	$- \, \| A \|_t \, \| V_n \| = \| V \|$
Ecuațiile transformate	$\| I \| = \| B \|_t \, \| I_2 \|$ $\| C \| \, \| I \| = 0$	$\| B \| \, \| V \| = 0$ $\| V \| = \| C \|_t \, \| V_1 \|$
Ecuațiile auxiliare	$\| I_1 \| = \| B_1 \| \, \| I_2 \|$	$\| V_2 \| = \| C_2 \|_t \, \| V_1 \|$ $\| V \| = - \, \| A_1 \|_t^{-1} \| V_1 \|$

Tabela 2

Ecuațiile topologice ale rețelei electrice pentru $\overline{I}_n \neq 0$

Ecuațiile de bază	$\| A \| \, \| I \| = - \, \| I_n \|$	$- \| A \|_t \, \| V_n \| = \| V \|$
Ecuațiile transformate	$\| I \| = \left\| \begin{matrix} \| B_1 \|_t & - \| A_1 \|^{-1} \\ \hline \| U \| & \| 0 \| \end{matrix} \right\| \left\| \begin{matrix} \| I_2 \| \\ \hline \| I_n \| \end{matrix} \right\|$ $\| C \| \, \| I \| = - \, \| A_1^{-1} \| \, \| I_n \|$	$\| B \| \, \| V \| = 0$ $\| V \| = \| C \|_t \, V_1 \|$
Ecuațiile auxiliare	$\| I_1 \| = \| B_1 \|_t \| I_2 \| - \| A_1 \| \| I_n \|$	$\| V_2 \| = \| C_2 \|_t \, \| V_1 \|$ $\| V_n \| = - \| A_1 \|_t^{-1} \| V_1 \|$

2.2. *Ecuațiile de funcționare a laturilor*

Caracteristicile electrice ale laturilor unei rețele sînt date de două categorii de elemente: *elementele active*, reprezentate de tensiunile electromotoare și *elementele pasive*, reprezentate prin impedanțele proprii și mutuale ale laturilor.

Tensiunile electromotoare E_{hi} din laturile L_{hi} ale rețelei formează componentele unui vector:

$$\overline{E} = (E_{12}, \, E_{23}, \ldots), \quad (25)$$

care se așază în matricea coloană a tensiunilor electromotoare $\| E \|$.

Impedanțele proprii și mutuale ale laturilor se așază în căsuțele unei matrice pătrate $\| Z \|$, care poartă numele de matrice de impedanță a rețelei:

$$\| Z \| = \begin{array}{c|ccc} & L_{12} & L_{23} & L_{34} \\ \hline L_{12} & Z_{12} & Z_{12-23} & Z_{12-34} \\ L_{23} & Z_{23-12} & Z_{23} & Z_{23-34} \\ L_{34} & Z_{34-12} & Z_{34-23} & Z_{34} \end{array} \quad (26)$$

cu notațiile:

Z_{hi} — impedanțele proprii ale laturilor L_{hi};
Z_{hi-jk} — impedanțele mutuale dintre laturile L_{hi} și L_{jk}.

Ecuațiile de funcționare a laturilor rețelei se concentrează într-o ecuație matriceală de forma:

$$\| Z \| \, \| I \| + \| V \| = \| E \| \quad (27)$$

sau de forma:

$$\| I \| + \| Y \| \, \| V \| = \| J \|, \quad (28)$$

în care:

$$\| Y \| = \| Z \|^{-1}$$
$$\| J \| = \| Z \|^{-1} \| E \|. \quad (29)$$

În ecuațiile (27), caracteristicile de material ale rețelei sînt date prin matricele $\| Z \|$ și $\| E \|$, iar în ecuațiile (28), prin matricele $\| Y \|$ și $\| J \|$. Relațiile (29) permit determinarea matricelor $\| Y \|$ și $\| J \|$ în funcție de $\| Z \|$ și $\| E \|$ sau reciproc.

Se poate arăta că matricea coloană $\| J \|$ este matricea curenților de scurtcircuit din laturile rețelei. În acest scop se introduc în (27) și (28) condițiile $\| V \| = 0$, $\| I \| = \| I_{sc} \|$ și se obține:

$$\| Z \| \, \| I_{sc} \| = \| E \|$$
$$\| I_{sc} \| = \| J \|. \quad (30)$$

Din cele arătate rezultă că elementele active ale unei rețele pot fi date fie sub forma tensiunilor electromotoare E, fie sub forma curenților de scurtcircuit: $\| I_{sc} \| = \| J \|$.

În cazul rețelei din figura 1 se obțin următoarele expresii pentru vectorii $\overline{E}$, $\overline{J}$ și matricele $\| Z \|$, $\| Y \|$:

$$\overline{E} = (0, 0, E_{34}, 0, E_{24}) = (0, 0, -E_3, 0, -E_2);$$

$$\overline{J} = (0, 0, J_{34}, 0, J_{24}) = (0, 0, -I_{sc\,34}, 0, -I_{sc\,24});$$

$$\| Z \| = \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline Z_{12} & & & & \\ \hline & Z_{23} & & & \\ \hline & & Z_{34} & & \\ \hline & & & Z_{13} & \\ \hline & & & & Z_{24} \\ \hline \end{array} \qquad \| Y \| = \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline Y_{12} & & & & \\ \hline & Y_{23} & & & \\ \hline & & Y_{34} & & \\ \hline & & & Y_{13} & \\ \hline & & & & Y_{24} \\ \hline \end{array}$$

2.3. Sisteme complete de ecuații de funcționare

Ecuațiile de funcționare a laturilor, împreună cu ecuațiile topologice ale rețelei, formează un sistem complet de ecuații care permite determinarea mărimilor de stare $\overline{V}_n$, $\overline{V}$ și $\overline{I}$ atunci cînd sînt cunoscute mărimile $\overline{E}$, $\overline{I}_n$ și $\| Z \|$ sau $\overline{J}$, $\overline{I}_n$ și $\| Y \|$. Ținînd seamă de diferitele forme ale ecuațiilor topologice, în care intervin matricele de incidență $\| A \|$, $\| B \|$ sau $\| C \|$, se pot forma trei sisteme complete de ecuații, așa cum se arată în tabelele 3 și 4 din anexă.

La alcătuirea sistemelor complete de ecuații s-a avut în vedere ca fiecare dintre aceste sisteme să conțină relații între cele trei mărimi de stare $\overline{V}_n$, $\overline{V}$ și $\overline{I}_n$. Ecuațiile topologice de bază din primul sistem conțin toate mărimile de stare, în timp ce primele două ecuații din sistemele II și III nu conțin mărimea V_n. Pentru acest motiv sistemele II și III trebuie completate cu a treia ecuație, în care intervine $\overline{V}_n$ și care se exprimă cu ajutorul submatricei $\| A_1 \|$. Rezultă că nu este posibil să se formeze un sistem complet de ecuații folosind numai matricele $\| B \|$ sau $\| C \|$. În cazul particular cînd $\overline{I}_n = 0$, folosirea numai a matricelor $\| B \|$ sau $\| C \|$ dă posibilitatea formării unor sisteme de ecuații din care se pot determina mărimile de stare $\overline{V}$ și $\overline{I}$. Pentru determinarea celei de-a treia mărimi de starea $\overline{V}_n$ este necesar, și în acest caz, să se facă apel la submatricea $\| A_1 \|$.

Sistemele complete de ecuații din tabelele 3 și 4 vor fi folosite la rezolvarea sistemelor de ecuații de funcționare a rețelelor cu ajutorul a trei metode care vor fi prezentate într-un articol din numerele următoare ale revistei: metoda potențialelor la noduri, metoda perechilor de noduri și metoda curenților ciclici.

Tabela 3

Sisteme complete de ecuații pentru $\overline{I}_n \neq 0$

	Matricele folosite	Ecuațiile topologice	Ecuațiile de funcționare a laturilor
Primul sistem de ecuații	$\| A \|$	$\| A \| \, \| Z \| = - \| I_n \|$ $- \| A \|_t \| V_n \| = \| V \|$	$\| I \| + \| Y \| \, \| V \| = \| J \|$
Al doilea sistem de ecuații	$\| C \|$ și $\| A_1 \|$	$\| C \| \, \| I \| = - \| A_1 \|^{-1} \| I_n \|$ $\| C \|_t \| V_1 \| = \| V \|$ $- \| A_1 \|_t \| V_1 \| = \| V_n \|$	$\| I \| + \| Y \| \, \| V \| = \| J \|$
Al treilea sistem de ecuații	$\| B \|$ și $\| A_1 \|$	$\begin{array}{\|c\|c\|} \hline \| B_1 \|_t & -\| A_1 \|^{-1} \\ \hline \| U \| & \| O \| \\ \hline \end{array} \begin{array}{\|c\|} \hline \| I_2 \| \\ \hline \| I_n \| \\ \hline \end{array} = \| I \|$ $\| B \| \, \| V \| = 0$ $- \| A_1 \|_t^{-1} \| V_1 \| = \| V_n \|$	$\| Z \| \, \| I \| + \| V \| = \| E \|$

Tabela 4

Sisteme complete de ecuații pentru $\overline{I_n} = 0$

	Matricele folosite	Ecuațiile topologice	Ecuațiile de funcționare a laturilor
Primul sistem de ecuații	$\|\| A \|\|$	$\|\| A \|\| \; \|\| I \|\| = 0$ $-\|\| A \|\|_t \; \|\| V_n \|\| = \|\| V \|\|$	$\|\| I \|\| + \|\| Y \|\| \; \|\| V \|\| = \|\| J \|\|$
Al doilea sistem de ecuații	$\|\| C \|\|$	$\|\| C \|\| \; \|\| I \|\| = 0$ $\|\| C \|\|_t \; \|\| V_1 \|\| = \|\| V \|\|$	$\|\| I \|\| + \|\| Y \|\| \; \|\| V \|\| = \|\| J \|\|$
	$\|\| A_1 \|\|$	$-\|\| A_1 \|\|_t^{-1} \; \|\| V_1 \|\| = \|\| V_n \|\|$	
Al treilea sistem de ecuații	$\|\| B \|\|$	$\|\| B \|\|_t \; \|\| I_2 \|\| = \|\| I \|\|$ $\|\| B \|\| \; \|\| V \|\| = 0$	$\|\| Z \|\| \; \|\| I \|\| + \|\| V \|\| = \|\| E \|\|$
	$\|\| A_1 \|\|$	$-\|\| A_1 \|\|_t^{-1} \; \|\| V_1 \|\| = \|\| V_n \|\|$	

3. Concluzii

Folosirea teoriei grafului a permis scrierea într-o formă concentrată a ecuațiilor de funcționare din rețelele electrice complexe. În acest articol ne-am rezumat la scrierea ecuațiilor de funcționare a rețelelor monofazate în regim permanent. Aceste ecuații pot fi ușor transcrise avînd în vedere studiul rețelelor trifazate simetrice sau nesimetrice în regim permanent, așa cum se va arăta într-un alt articol.

Menționăm că în prima parte a articolului s-au expus în mod succint noțiunile absolut necesare pentru obținerea matricelor de incidență din teoria grafului. Pentru completarea și precizarea unor noțiuni din teoria grafului, cititorul este îndrumat către lucrările de specialitate, date în bibliografie.

În a doua parte a articolului s-a urmărit sistematizarea scrierii ecuațiilor de funcționare cu ajutorul matricelor din teoria grafului. Pentru atingerea acestui obiectiv s-au folosit următoarele idei noi, neîntîlnite în literatura de specialitate:

— ecuațiile de funcționare a rețelei au fost împărțite în două categorii: a) ecuații topologice, în care intervin numai mărimile de stare electrică a rețelei, și b) ecuații de funcționare a laturilor, în care intervin și mărimile de materiale;

— ecuațiile topologice ale rețelei au fost scrise pe baza asocierii mărimilor de stare electrică la laturile și la nodurile grafurilor, fără a mai face apel la legile din electrotehnică.

Aplicînd în mod consecvent ideile menționate s-au scris ecuațiile topologice de bază (13) și (14) din care au fost obținute apoi ecuațiile topologice auxiliare, dintre care (18) și (19) nu sînt întîlnite în literatura de specialitate.

Într-un alt articol se va arăta că ecuațiile (18) și (19) sînt deosebit de utile, deoarece permit obținerea unor soluții generale pentru cazul rețelelor cu curenți la noduri. Ultima relație, în special, își găsește o largă aplicabilitate, deoarece permite folosirea metodei curenților ciclici în cazul rețelelor cu curenți la noduri, care se întîlnesc în mod frecvent la studiul regimurilor permanente simetrice din rețelele electrice trifazate.

Bibliografie

[1] *Berge, C.* Théorie des graphes et ses applications. Paris, Dunod 1958.

[2] *Le Corbeiller, P.* Analyse matricielle des réseaux électriques. Paris, Dunod, 1954.

[3] *Kron, G.* Tensor analysis of networks. New York, Wiley, 1939.

[4] *Kron, G.* A short course in tensor analysis for electrical engineers. New York, Wiley, 1942.

[5] *Cauer, W.* Theorie der linearen Wechselstromschaltungen. Leipzig, 1941.

[6] *Maximovici, G.* Lineiniie elektriceskie țepi i ih preobrazovania. G.E.I., 1961.

[7] *Rădulеț, R.* Bazele teoretice ale electrotehnicii. București, 1952.

[8] *Bercovici, M.* Calculul matricial al rețelelor electrice. In: Bul. inst. politehnic-București, **23** 1961, p. 147—173.

[9] *Antoniu, I.*: Introducere în aplicarea calculului matricial la studiul circuitelor electrice. București, Edit. Acad. R.P.R., 1953.

[10] *Antoniu, I.* Calculul matricial și tensorial în electrotehnică. București, Ed. tehnică, 1962.

[11] *Fransua, A.* Cîteva precizări în legătură cu aplicarea de către G. Kron a calculului matricial la studiul rețelelor electrice complete. În: Studii și cercetări de energetică **6**, 1956, p. 461—473.

[12] *Mocanu, C.* Transformările topologice ale rețelelor electrice. In: Bul. inst. politehnic-București, **9**, 1957, p. 215—253.

[13] *Preda, M.* Considerații asupra aplicării calculului matricial în studiul rețelelor electrice. În: Electrotehnica, nr. 5, 1957, p. 134—138.

[14] *Potolea, E.* Schèmes équivalents des systèmes électriques obtenus à l'aide du calcul matriciel. În: Bul. inst. politehnic-București, **20**, 1958, p. 118—145.

Intrat în redacție la 25 VII. 1964.

Noi tipuri de prafuri de presare cu înaltă stabilitate termică și bune proprietăți mecanice pentru scopuri electrotehnice

Grigore Nicola și Mihai Șonfeleanu * — București

CZ 621.315.611.3.017.73.002.2

Studiul efectuat la I.C.P.E. a urmărit realizarea unor prafuri de presare electrotehnice, care să aibă înalte proprietăți mecanice și electrice corespunzătoare în medii cu umiditate normală sau ridicată, cum și rezistență la temperatură.

Pentru obținerea prafurilor de presare cu caracteristicile arătate se folosesc de obicei, ca lianți rășinile fenolformaldehidice, fenolformaldehidice modificate, rășinile siliconice, epoxidice, poliesterice, alchidice etc.

Ca materiale de umplutură, după scopul de utilizare, sînt următoarele:

— firele de sticlă pot fi comercializate sub formă de filament continuu „roving" sau sub formă de bucăți tăiate, cu dimensiunea de 10—15 mm, numite „chopped strand" [1], [7];

— bucăți de țesătură de sticlă „chopped glass cloth" [3] tip tafta sau satin, de grosimi variabile. De obicei se folosesc bucățile de țesătură tafta, cu o mărime de 15 × 25 mm.

Pentru prafurile de presare tip electrotehnic se utilizează compoziții de sticlă electrotehnică, caracterizate printr-un conținut ridicat în bor și aluminiu [1], cu alcalinitate scăzută: 50—55% SiO_2; 15—17% CaO; 8—12% B_2O_3; 1—2% MgO; 13—15% Al_2O_3; 1% oxizi alcalini.

Este de remarcat faptul că atît firele de sticlă, cît și țesătura de sticlă conțin, de obicei, un apret pe bază de amidon, ulei mineral, parafină [1], [2], [3]. Îndepărtarea apretului se face prin spălare cu solvenți sau detergenți sau prin ardere la temperatura de 450°C și apoi finisarea materialului cu un agent de îmbunătățire a aderenței fibrei de sticlă la rășină. Ca agenți de legătură la rășinile fenolice epoxidice se folosesc, de obicei, viniltriclorsilanul și clorometacrilatul de crom, un compus al vinilsilanului pe bază de crom, cunoscuți sub denumirile comerciale de: Volan A., Bjorkstein, Garan, Finish A. 1100 etc.

Recent, au fost dezvoltați noi agenți de finisaj pe bază de amine și viniltriclorsilan; de exemplu γ-aminopropiltrietoxisilanul oferă proprietăți de aderență mai bune față de sticla și de rășina fenolformaldehidică. Acesta este produs de firma Union Carbide, fiind cunoscut în comerț sub numele de Finish A. 1100 [4].

Alt material de umplutură folosit, care are calități speciale, este azbestul. Acesta este caracterizat printr-o mare stabilitate termică și importante proprietăți fizice și chimice. Varietatea cea mai utilizată în electrotehnică este crisolitul, un silicat de magneziu hidratat cu formula chimică empirică $3Mg2SiO_22H_2O$, cu compoziția următoare [5]: 40,41% MgO; 40,49% SiO_2; 14,06% H_2O; 2,53% Fe_2O_3 FeO; 1,27% Al_2O_3.

Acesta se prezintă sub formă de fire sau cu o structură de tipul caolinei. Grupele OH care intră în structura crisolitului, în special cele periferice, pot reacționa ca un radical organic sau anorganic, determinînd astfel schimbări în proprietățile fibrei. Cînd acest proces este dirijat în vederea unui anumit scop, se pot realiza îmbunătățiri necesare produselor electrotehnice. Diametrul fibrelor variază de la circa 0,25 pînă la 35 μ, uneori și mai mare, iar lungimile între 6 și 25 mm.

Condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească este că acesta trebuie să conțină maximum 3% Fe_2O_3 FeO [5] și o rezistivitate crescută. Azbestul folosit ca umplutură oferă rezistență crescută la flacără și căldură și reduce considerabil contracția în procesul de presare etc. [6]. Faptul că azbestul are alcalinitate crescută ($pH = 8—10$) nu creează dificultate la impregnarea cu rășinile fenolformaldehidice, melaminoformaldehidice, epoxidice etc.

După impregnare, azbestul este un bun material electroizolant, oferind o mare stabilitate termică și o bună izolare termică.

Lucrări experimentale de laborator

La I.C.P.E. au fost elaborate în fază de laborator cinci tipuri de prafuri de presare fenolformaldehidice sau crezolformaldehidice modificate și umplutură anorganică, ca bucăți de fire și țesătură de sticlă, de azbest, cum și un amestec din fire de sticlă și azbest.

Sticla s-a folosit sub formă de fire cu filament continuu tip 180 1/2 EK5 (R.S.C.). Acestea s-au tăiat cu ajutorul unei foarfece-ghilotină la dimensiunea de 10—15 mm. Inițial, s-a lucrat cu fire de sticlă conținînd un finisaj textil pe bază de amidon și ulei de parafină; prafurile de presare obținute cu asemenea fire dau piese (epruvete) cu suprafețe bășicate, datorită descompunerii amidonului în timpul presării la temperatura de 165 ± 5°C și presiunea de 500 ± 50 kgf/cm².

Datorită acestui inconvenient s-a înlăturat apretul de pe fire prin spălare cu benzen sau toluen, obținîndu-se un conținut în apret de maximum 0,4%.

* *Gr. Nicola* este inginer principal, iar ing. *M. Șonfeleanu* este șef de laborator la I.C.P.E.

Rezultate asemănătoare au fost obținute și prin fierbere cu apă, pînă cînd apa devine clară. Acestea se usucă la temperatura de 150 ± 5°C pînă la un conținut în umiditate de maximum 0,5%.

De asemenea, s-au dezancolat fire de sticlă și prin ardere la temperatura de 350 ± 50°C, dar acestea au o nuanță brună datorită faptului că se formează un strat de carbon. Mărind temperatura la 550 ± 50°C se obțin fire cu un conținut în apret mai mic, însă cu o rezistență mecanică mai scăzută.

Firele dezancolate prin spălare cu apă s-au impregnat cu rășină fenolformaldehidică.

Pentru determinarea raportului optim rășină/umplutură s-au executat trei tipuri de prafuri de presare:

— tipul I Ff′ rășină fenolformaldehidică, umplutură 40/60;

— tipul II Ff′ rășină fenolformaldehidică, umplutură 50/50;

— tipul III Ff′ rășină fenolformaldehidică, umplutură 60/50.

În tabela 1 sînt prezentate proprietățile electrice ale celor trei tipuri de prafuri de presare.

Din tabela 1 se constată că proprietățile electrice nu se diferențiază prea mult. Cele mai bune rezultate au fost obținute după menținere timp de o lună la umiditatea relativă de 95 ± 3% cu tipul II Ff′. Creșterea tangentei unghiului de pierderi dielectrice după menținere la umiditate se datorește faptului că rășina se desprinde de pe fibră, iar prin ruptură apa pătrunde la fibre și formează legături de hidrogen cu grupele OH.

Menținînd raportul constant de umplutură/rășină 50/50 și variind tipul de rășină, s-a obținut cu rășina fenolformaldehidică tipul Ff, iar cu rășina crezolică tipul Kf, pentru a se vedea care dintre acestea două oferă proprietăți electrice mai bune. În tabela 2 se prezintă rezultatele obținute pe aceste două tipuri de prafuri de presare. Întrucît tangenta unghiului de pierderi dielectrice, după menținere timp de o lună la umiditatea de 95%, scade foarte mult, s-a căutat să se obțină o rășină cu aderență mărită la firele de sticlă.

În acest sens s-au cercetat și s-au obținut rășini fenolformaldehidice sau crezolformaldehidice modificate cu aderența îmbunătățită la firele de sticlă.

Firele de sticlă s-au impregnat cu aceste rășini, rezultînd tipul Fef, respectiv tipul Kef.

Folosind bucăți de țesătură de sticlă impregnată cu o rășină crezolformaldehidică modificată cu aderență mărită s-a obținut tipul Kes. Impregnarea țesăturii de sticlă s-a executat la F.C.M.E. pe o mașină de impregnare industrială, la un conținut de rășină de 55%. S-a folosit o țesătură de sticlă tip tafta avînd un conținut în apret sub 0,5%. Din țesătura impregnată s-au tăiat la foarfece-ghilotină bucăți cu dimensiunea maximă de 15 × 20 mm.

Prin impregnarea fulgilor de azbest sau a amestecului fire-sticlă-azbest cu rășina fenolformaldehidică modificată s-a obținut tipul Fae, respectiv Fas.

Azbestul, firele de sticlă, cum și amestecul azbest-sticlă s-au malaxat cu rășina fenolform-

Tabela 1

Proprietățile electrice ale prafurilor de presare fenolformaldehidice tip I Ff′, II Ff′ și III Ff′ în funcție de timpul de menținere la temperatura de 130°C, cum și la umiditatea de 95 ± 3%

Denumirea caracteristicii	U/M	Prafuri de presare fenolformaldehidice		
		I Ff′	II Ff′	III Ff′
Rigiditatea dielectrică	kV/mm			
— după menținere timp de 30 zile la 130°C		16,15	15,41	12,75
— după menținere timp de 30 zile la umiditatea relativă de 95 ± 3%		8,71	8,74	8,14
Rezistivitatea de suprafață	Ω			
— condiții normale		$> 3{,}36.10^{13}$	$> 3{,}65.10^{13}$	$> 3{,}65.10^{13}$
— după menținere timp de 30 zile la 130°C		$> 3{,}36.10^{13}$	$> 3{,}65.10^{13}$	$> 3{,}65.10^{13}$
— după menținere timp de 30 zile la umiditatea relativă de 95 ± 3%		$3{,}72.10^{11}$	$2{,}16.10^{11}$	$2{,}86.10^{11}$
Rezistivitatea de volum	Ωcm			
— condiții normale		$> 3{,}36.10^{13}$	$> 3{,}65.10^{13}$	$> 3{,}65.10^{13}$
— după menținere timp de 30 zile la 130°C		$> 3{,}36.10^{13}$	$> 3{,}65.10^{13}$	$> 3{,}65.10^{13}$
— după menținere timp de 30 zile la umiditatea relativă de 95 ± 3%		$1{,}43.10^{11}$	$2{,}06.10^{12}$	$8{,}9.10^{11}$
Tangenta unghiului de pierderi dielectrice la 50 Hz				
— după menținere timp de 30 zile la 130°C		0,0391	0,0128	0,0107
— după menținere timp de 30 zile la umiditatea relativă de 95 ± 3%		0,118	0,104	0,153
Constanta dielectrică la 50 Hz				
— după menținere timp de 30 zile la 130°C		3,90	3,89	3,50
— după menținere timp de 30 zile la umiditatea relativă de 95 ± 3%		4,61	5,04	5,59

Tabela 2

Proprietăţile electrice ale prafurilor de presare tip Ff şi Kf în funcţie de timpul de menţinere la temperatură şi umiditate

Denumirea caracteristicii	U/M	Ff	Kf
Rezistivitatea de suprafaţă	Ω		
— condiţii normale		$6{,}64.10^{13}$	$1{,}07.10^{14}$
— după menţinere timp de 30 zile la umiditatea de 95 ± 3%		$4{,}51.10^{11}$	$3{,}17.10^{11}$
— după menţinere timp de 30 zile la temperatura de 130°C		$9{,}6.10^{14}$	$5{,}86.10^{14}$
Rezistivitatea de volum	Ωcm		
— condiţii normale		$4{,}5.10^{14}$	$5{,}0.10^{14}$
— după menţinere timp de 30 zile la umiditatea de 95 ± 3%		$5{,}4.10^{11}$	$3{,}6.10^{13}$
— după menţinere timp de 30 zile la temperatura de 130°C		$7{,}6.10^{14}$	$8{,}1.10^{14}$
Tangenta unghiului de pierderi dielectrice la 50 Hz			
— condiţii normale		0,042	0,0175
— după menţinere timp de 30 zile la umiditatea de 95 ± 3%		0,205	0,108
— după menţinere timp de 30 zile la temperatura de 130°C		0,012	0,013
Constanta dielectrică la 50 Hz			
— condiţii normale		3,75	3,49
— după menţinere timp de 30 zile la umiditatea de 95 ± 3%		4,39	4,11
— după menţinere timp de 30 zile la temperatura de 130°C		3,78	4,24

aldehidică sau crezolformaldehidică, modificată pînă la omogenizarea completă, compoziţia avînd un conţinut de aproximativ 45% umplutură.

După impregnare, amestecurile s-au uscat la o temperatură de 90—95°C şi la un vid de 400 mm Hg, pînă la un conţinut în nevolatile de maximum 3% şi substanţe solubile în alcool etilic 35—40%.

Rezultatele încercărilor. Caracterizarea prafurilor de presare fenolformaldehidice şi crezolformaldehidice modificate s-a efectuat prin determinarea proprietăţilor fizico-mecanice, termice şi electrice la temperatura normală de 130°C şi la umiditatea de 95 ± 3%.

Rezultatul încercărilor fizico-mecanice şi termice. Încercările mecanice ca rezilienţa, rezistenţa la încovoiere şi stabilitatea termică Martens s-au efectuat pe bare cu dimensiunile de 120 × 15 × 10 mm, iar pe epruvete de 15 × ×15×10 mm s-a determinat rezistenţa la compresiune.

Presarea barelor s-a făcut în următoarele condiţii:

— presiunea specifică 500 ± 50 kgf/cm²;
— temperatura 160 ± 5°C;
— timpul de presare:

tipul { Fef, Fae, Fas } 2 min/mm;

tipul { Kef, Kes } 3 min/mm.

După presare epruvetele au fost condiţionate la temperatura de 145 ± 5°C astfel:

tipul { Fef, Fae, Fas } 2 h/mm;

tipul { Kef, Kes } 3 h/mm.

Epruvetele pe care s-a determinat rezistenţa la compresiune şi rezilienţă la tipurile Fef şi Kef nu au fost condiţionate.

Analizînd rezultatele obţinute, prezentate în tabela 3, se constată că cele mai bune valori se obţin cu tipul Kes, fiind urmat de tipul Kef, aceasta fiind explicabil prin faptul că tipul Kes are ca umplutură bucăţi de ţesătură de sticlă. Cele mai slabe rezultate s-au obţinut cu tipul Fae, explicabil prin faptul că acesta conţine fulgi de azbest. Rezilienţa mai ridicată la tipul Fas faţă de Fae este explicabilă prin faptul că acesta conţine ca umplutură şi fibrele de sticlă.

Tipurile străine care conţin fibre lungi de azbest oferă, în general, proprietăţi mecanice mai bune.

Stabilitatea termică Martens a fost efectuată pe epruvete condiţionate. Din tabele se constată că toate prafurile de presare obţinute la I.C.P.E. au valori mult mai mari decît tipurile din străinătate. Cea mai mică valoare (215°C) a fost obţinută cu tipul Fae.

Tipurile Fef, Kef, Kes şi Fas au valori pentru stabilitatea termică mai mare de 240°C.

Absorbţia de apă distilată timp de 24 h are valori sub 1%. Toate au rezistenţă la benzen. După menţinere timp de o lună în benzen se obţin valori foarte bune.

Tabela 3

Proprietăţile fizico-mecanice şi termice comparative

Denumirea şi caracteristica	U/M	U.R.S.S. [9]			S.U.A. [2]		CEI [10]		R.P.R. (I.C.P.E.)				
		sticlă	fibre din azbest	sticlă	sticlă	azbest	sticlă	azbest fire scurte	sticlă	sticlă	țesăt. din sticlă	azbest	azbest-sticlă
		sticlo-volonit	K6	AG-4-V					Fef	Kef	Kes	Fae	Fas
Greutatea specifică	kg/dm³	1,6–1,7	1,8–1,9	1,8–2,0	1,75–1,95	1,52–2,0	1,75–1,95	1,6–2,0	1,75–1,85	1,75–1,85	1,75–1,85	1,80–1,90	1,80–1,90
Rezistența la încovoiere	kg/cm²	800–1 000	800–1 050	750–1 800	700–4 200	490–1 055	1 000–2 000	500–750	816 *	890 *	1 250–1 850	609	683
Rezistența la compresiune	kg/cm²	1 000–1 500	850–1 270	1 000–1 800	1 180–1 820	1 050–2 460	–	–	1 785 *	1 870 *	1 890	1 846	1 687
Rezilința fără crestătură	kgcm/cm²	22–24	21–32	30–100	54–258	1,35–18,7	10–27	0,7–2	17 *	23,5 *	27,1	4,75	17,2
Stabilitatea termică Martens	°C	160–180	> 200	260–300	> 310	200–260	160–200	150–175	245	240	250–260	215	245
Absorbția de apă după 24 h	%	0,1–0,5	0,33–0,75	–	–	–	0,1–0,2	0,5–0,6	0,35	0,37	0,40	0,45	0,95
Absorbția de benzen după 30 zile	%	–	–	–	–	–			0,15	0,17	0,15	0,16	1,12

* Epruvete necondiționate

Rezultatul încercărilor electrice. Încercările electrice au fost efectuate pe discuri cu diametrul de 100 mm şi au avut ca scop să prezinte o imagine asupra modului de comportare a prafului de presare după menţinere la temperatura de 130°C, cum şi după menţinere timp de o lună de zile la umiditatea de 95 ± 3%.

Presarea discurilor s-a făcut în următoarele condiţii:

— presiunea specifică 500 ± 50 kgf/cm²;
— temperatura 160 ± 5°C;
— timpul de presare:

tipul { Fef, Fae, Fas } 3 min/mm;

tipul { Kef, Kes } 4 min/mm.

Condiţionarea epruvetelor s-a făcut la temperatura de 145 ± 5°C astfel:

tipul { Fef, Fae, Fas } 3 h/mm;

tipul { Kef, Kes } 4 h/mm.

Epruvetele pe care s-au măsurat proprietăţile electrice au fost condiţionate după cum s-a arătat.

Analizînd rezultatele obţinute prezentate în tabela 3 se constată că proprietăţile electrice sînt la nivelul acelora date de literatură.

Rigiditatea dielectrică pentru tipurile Fef, Kef, Kes în condiţii normale au valori în jurul lui 12 kV/mm. Cea mai mică valoare este obţinută cu tipul Fas în compoziţia căruia intră un azbest cu conţinut ridicat în fier (6–7%).

Valorile mai bune obţinute pentru tipul Fae se datoresc faptului că azbestul fulgi are un conţinut mai scăzut în fier şi conţine circa 20% fibre celulozice. După menţinere timp de 30 de zile la umiditate, rigiditatea dielectrică scade simţitor, cele mai bune rezultate fiind obţinute cu tipul Kes şi Fae.

În tabela 4 sînt prezentate valorile rezistivităţii de suprafaţă în condiţii normale, cele mai bune valori fiind obţinute cu tipurile Fef, Kef şi Kes, iar cele mai mici, cu tipurile Fas şi Fae.

La temperatura de 130°C tipul Kef se diferenţiază puţin faţă de tipul Fef, iar după menţinere la aceeaşi temperatură tipul Fas creşte puţin. Aceeaşi situaţie se prezintă în cazul menţinerii în apă sau după menţinerea timp de o lună la umiditatea de 95 ± 5%.

În diagrama din figura 1 se dă variaţia rezistivităţii de suprafaţă în funcţie de timpul de menţinere (o lună) la umiditatea relativă de 95 ± 5%.

Rezistivitatea de volum în condiţii normale are de asemenea valori la nivelul datelor din

literatură ($> 7{,}66 \cdot 10^{14}$ Ω cm), cea mai mică valoare fiind obținută cu tipul Fae.

La temperatura de 130°C rezistivitatea are valori cuprinse între $1{,}45 \cdot 10^{13}$ Ω cm și $2{,}65 \cdot 10^{14}$ Ω cm.

În diagrama din figura 2 se dă variația rezistivității de volum în funcție de timpul de men-

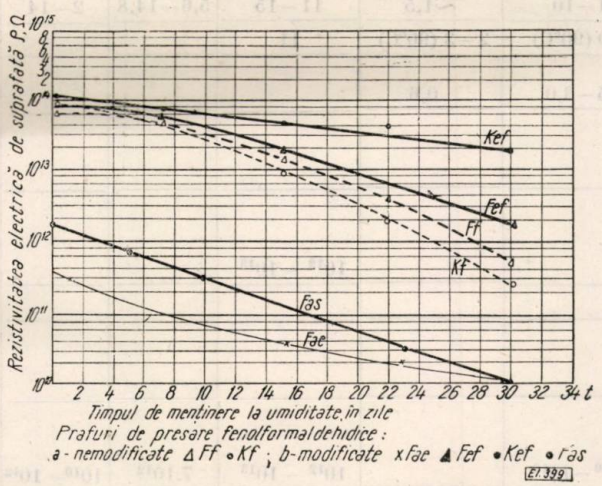


Fig. 1. Variația rezistivității electrice de suprafață în funcție de timpul de menținere la umiditatea relativă de 95 ± 3% pentru prafurile de presare fenolformaldehidice modificate și nemodificate.

ținere timp de o lună la umiditatea relativă de 95 ± 3%. După menținerea la umiditate cele mai bune valori sînt obținute cu tipul Kef $1 \cdot 10^{14}$ Ω cm, fiind urmat de tipul Fef cu 8.10^{12} Ω cm, iar cele mai slabe fiind obținute cu tipul Fas și tipul Fae ($3-4.10^{10}$ Ω cm).

Tangenta unghiului de pierderi dielectrice la 50 Hz, cum și la 800 Hz, are valori foarte bune.

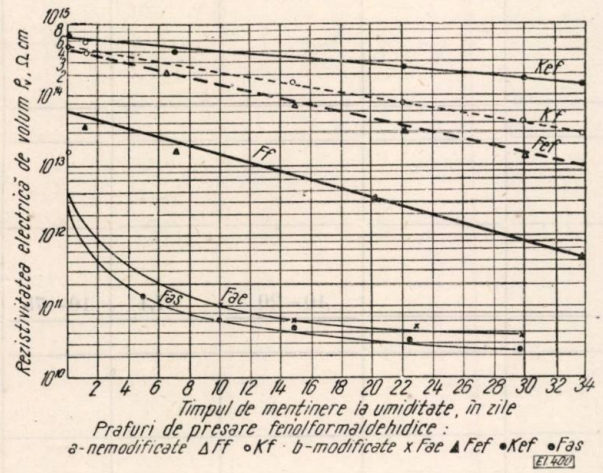


Fig. 2. Variația rezistivității electrice de volum în funcție de timpul de menținere la umiditatea relativă de 95 ± 3% pentru prafurile de presare fenolformaldehidice modificate și nemodificate.

La temperatura de 130°C, valoarea tangentei δ pentru tipul Kes și Kef rămîne aproape constantă. Diferența puțin pronunțată se observă la tipul Fef.

În diagrama 3 se prezintă variația tangentei unghiului de pierderi dielectrice la 50 Hz, în funcție de timpul de menținere la umiditatea de 95 ± 3%.

Din figură se constată că cele mai bune valori se obțin cu tipurile Fef și Kef, iar cele mai

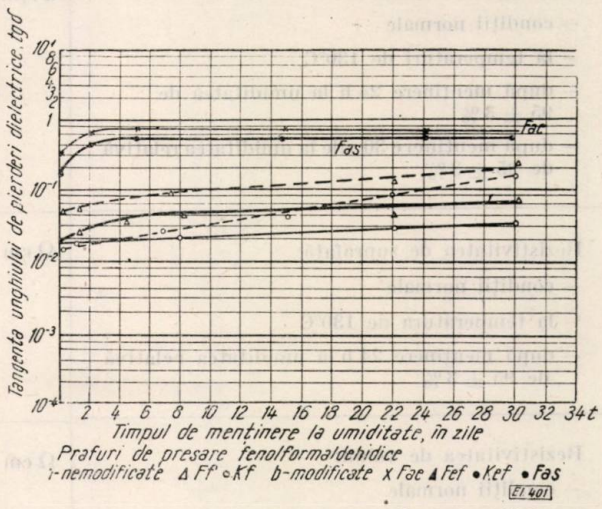


Fig. 3. Variația tangentei unghiului de pierderi dielectrice, la 50 Hz, în funcție de timpul de menținere la umiditatea relativă de 95 ± 3%.

slabe cu tipurile Fas și Fae, explicabil prin faptul că azbestul are conținut ridicat în $Fe_2O_3 + FeO$.

În diagrama 4 se prezintă variația tangentei unghiului de pierderi dielectrice la 50 Hz, în funcție de timpul de menținere la temperatura de 130°C.

După menținerea timp de o lună se obține o mică diferență între tipurile Fef și Kef, o di-

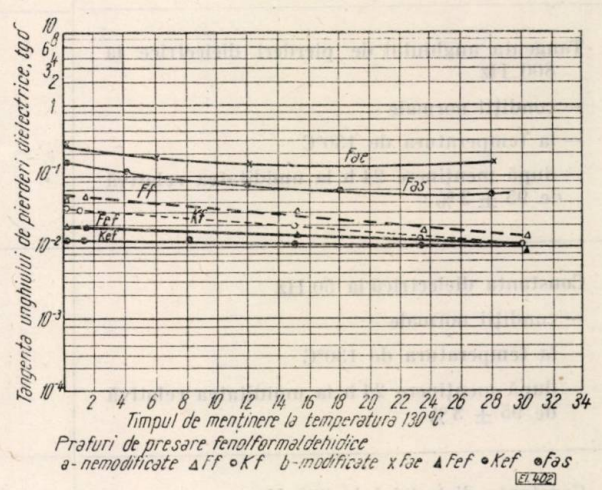


Fig. 4. Variația tangentei unghiului de pierderi dielectrice, la 50 Hz, în funcție de timpul de menținere la temperatura de 130°C.

ferență apreciabilă fiind obținută la tipul Fas. Cele mai slabe valori s-au obținut cu tipul Fae explicabil prin faptul că acesta conține fibre de celuloză, care la temperatura de 130°C încep să se descompună.

Proprietăţile elec

Denumirea caracteristicii	U/M	U.R.S.S. [9]			S.U.A. [2]	
		sticlă	fibre din azbest	sticlă	sticlă	azbest
		steclo-volocnit	K6	AG – 4 – V		
Rigiditatea dielectrică	kV/mm					
– condiţii normale		4 – 10	~1,5	11 – 15	5,6 – 14,8	2 – 14
– la temperaturi de 130°C		0,50 (90°C)	2 – 3 (90°C)	11		
– după menţinere 24 h la umiditatea de 95 ± 3%		2,5 – 3,0	0,6			
– după menţinere 30 zile la umiditatea relativă de 95 ± 3%						
Rezistivitatea de suprafaţă	Ω cm					
– condiţii normale				$10^{12} - 10^{13}$		
– la temperatura de 130°C						
– după menţinere 24 h la umiditatea relativă de 95 ± 3%						
Rezistivitatea de volum	Ω cm					
– condiţii normale		$10^{10} - 10^{12}$		$10^{12} - 10^{13}$	7.10^{12}	$10^{10} - 10^{12}$
– la temperatura de 130°C		$10^{7} - 10^{11}$	10^{6}(90°C)	10^{8}		
– după menţinere 24 h la umiditatea relativă 95 ± 3%		$10^{9} - 10^{10}$	10^{7}	10^{10} (28 zile)		
Tangenta unghiului de pierderi dielectrice la 50 Hz						
– condiţii normale		~0,5	0,8 – 1	0,1 – 0,4	0,05	0,25 – 0,50
– la temperatura de 130°C						
– după menţinere 24 h la umiditatea relativă de 95 ± 3%						
Tangenta unghiului de pierderi dielectrice la 800 Hz						
– condiţii normale						
– la temperatura de 130°C						
– după menţinere 24 h la umiditatea relativă de 95 ± 3%						
Constanta dielectrică la 50 Hz						
– condiţii normale				10 – 20	7,1	10 – 75
– la temperatura de 130°C						
– după menţinere 24 h la umiditatea relativă de 95 ± 3%						
Constanta dielectrică la 800 Hz						
– condiţii normale						
– la temperatura de 130°C						
– după menţinere 24 h la umiditatea relativă de 95 ± 3%						
– după menţinere 24 h în apă distilată						

* după menţinere 24 h în apă distilată
** după menţinere timp de o lună la 95 ± 3% umiditate relativă
\+ după menţinere timp de o lună la temperatura de 130°C

trice comparative *Tabela 4*

CEI [10]		R.P.R. (I.C.P.E.)				
sticlă	azbest	sticlă	sticlă	țesătură din sticlă	azbest	azbest-sticlă
		Fef	Kef	Kes	Fae	Fas
5—15	8—15	12	12,3	12,0	8,48	4,36
		10,9	11,9	11,0	3,36+	2,2+
		5,25	6,92		4,69	
		> 1,91.10^{14}	> 1,91.10^{14}	> 1,91.10^{14}	3,5.10^{12}	4,7.10^{12}
		4,75.10^{12}	3,69.10^{13}		3,64.10^{12}+	3,35.10^{13}+
		1,87.10^{12}	1,67.10^{13}	3.10^{13}	8,8.10^{8}**	7,4.10^{9} **
10^{10}—10^{13}	10^{10}—10^{12}	9,85.10^{14}	> 7,66.10^{14}	> 7,5.10^{14}	2,91.10^{12}	10.10^{13}
		1,45.10^{13}	2,65.10^{14}	9,65.10^{13}	1,5.10^{13}+	3,3.10^{13} +
10^{9}—10^{12}	10^{9}—10^{11}	6,5.10^{12} *	3,5.10^{13} *	4.10^{13}*	6,09.10^{10} **	25.10^{10} **
0,03—0,08	0,15—0,4	0,0176	0,0126	0,007	0,233	0,150
		0,089	0,035	0,040	0,095+	0,153 +
		0,0410	0,0513	0,040	0,229+	0,73 **
		0,0128	0,0091	0,009	0,127	0,146
		0,0594	0,030		0,192	0,153 +
		0,0584	0,030			0,265 **
6—9	10—20	3,75	4,23	4,15		
		5,75	4,28			
		5,10	4,78	3,95		
		5,21	5,06	4,05		
		5,4 **	5,08 **	4,15**		
		8,6	5,8	6,0		

Experimentări industriale

La întreprinderea „Electroaparataj" s-au presat piese pentru aparataj electric, de exemplu, carcase de bobine pentru contactoare folosite la maşini de tracţiune, suport contact şi contact mobil pentru contactoare pentru maşini de tracţiune pentru seria AMT şi suport contact şi contact mobil pentru seria ACT, în următoarele condiţii:

— presiunea specifică 500 ± 50 kgf/cm²;
— timpul de presare: tip Fef 2 min/mm,
tip Kef 3 min/mm.

Piesele presate au fost supuse la condiţionare pentru desăvîrşirea condensării răşinii în următoarele condiţii:

temperatura	145 ± 5°C;
tipul Fef	1 h/mm;
tipul Kef	1,5 h/mm.

Produsele obţinute au corespuns caracteristicilor cerute.

Concluzii

Din cele prezentate rezultă că ultimele cercetări efectuate la I.C.P.E. au dus la realizarea a cinci tipuri noi de prafuri de presare necesare industriei electrotehnice pentru construcţia maşinilor şi aparatelor electrice, unde se cer bune proprietăţi mecanice, înaltă stabilitate termică, cum şi un mediu cu umiditate ridicată.

Tipurile de prafuri de presare obţinute au caracteristici comparabile cu produsele similare din străinătate.

Bibliografie

[1] *Morgan, P.* Plastiques stratifiés au verre textile (traducere din limba engleză). Paris, Ed. Dunod, p. 31—50.
[2] Modern Plastics Enciclopedia. New York, 1962, p. 161—164.
[3] Surface treatement for glass fibres. În: Fibres and Plastics, vol. **20**, nr. 11, dec. 1959, p. 368—369.
[4] *Jösler, M.* Gli effetti dei diversi agenti di legame silanici sulle proprieta dei plastici rinforzate con fibra di vetro. In: Materie plastiche ed elastomeri, nr. 5, mai 1964, p. 651—660.
[5] *Cooper, E.* Asbestos the mineral fibre. In: Fibres and Plastics, vol. **10**, oct 1961, p. 219—292.
[6] Azbestul, generalităţi, prelucrare, obţinere. În: Gumi, Asbest, Kunststoffe **14**, nr. 3, martie 1961, p. 212.
[7] Rapizzi. Le masse da stampaggio rinforzate con fibre di vetro. In: Poliplaste e plastici rinforzati, anul VIII, nr. 42, sept-oct 1960, p. 41.
[8] *Dani, A. D.* Glass fibre reinforced plastics. Londra, Ed. George Newnes, 1960, p. 25—35.
[9] *Vardenburg, A. K.* Plasticeschie massie v electritechnicescoi promîşlennosti. Moscova, 1963, p. 150—159.
[10] Encyclopédie des isolants électriques. Monographies 342/1. Ed. Association Suisse des Électriciens. Zürich, febr 1963.
[11] When to specify phenolic glass moulding material in design engeneerings, vol. **46**, nr. 2 aug 1957.

Intrat în redacţie la 13. VI. 1964

Ferite magnetostrictive

Alexandru Friedman* — Bucureşti

CZ 621.318.22.538.652 : 621.373.421.13

Una dintre aplicaţiile relativ recente ale miezurilor de ferite o constituie traductoarele necesare conversiei energiei electrice în energie mecanică sau acustică şi invers [2], [3], [4]. Acest domeniu de utilizări, foarte larg, este deservit fie de materiale piezoelectrice, fie de materiale magnetostrictive — metalice sau oxidice [18], [19], [22].

Fenomenul de magnetostricţiune constă în variaţia dimensiunilor, în funcţie de magnetizare şi reciproc.

În comparaţie cu materialele magnetice clasice — metale sau aliaje [12], [22] — miezurile de ferită prezintă o serie de avantaje, ca de exemplu:

— materii prime mai uşor accesibile şi mai ieftine;
— tehnologie de fabricaţie mai simplă;
— stabilitate mecanică şi chimică mai mare;
— dependenţă mai mică de temperatură a proprietăţilor;
— posibilitate de utilizare sub forma compactă, datorită rezistivităţii electrice mai mari şi deci pierderilor reduse prin curenţi Foucault;
— nu sînt necesare tensiuni înalte, putîndu-se astfel evita dificultăţile de izolare.

Cercetările făcute în numeroase ţări au dus la producerea unor materiale feritice magnetostrictive cu performanţe ridicate, cu randament electromecanic şi electroacustic înalt, care au înlocuit în mare măsură materialele metalice.

În acest articol se prezintă aspectele teoretice ale fenomenului de magnetostricţiune, proprietăţile statice şi dinamice ale materialelor magnetostrictive şi, în special, cel ale feritelor, influenţa compoziţiei şi a modului de preparare asupra acestor proprietăţi, se dau exemple de construcţie a traductoarelor şi se arată principalele aplicaţii.

1. Bazele teoretice

Toate substanţele feromagnetice prezintă sub temperatura Curie o magnetizare spontană provocată de vectorii de spin ai grupurilor deter-

* Fizician *A. Friedman* este cercetător stagiar la I.C.P.E.

minate de electroni. Materialul este constituit din domenii magnetice în care spinii sînt dispuşi aproximativ paralel, dînd naştere magnetizării spontane [1], [22], [24].

O variaţie a orientării spinilor, produsă de apariţia unui cîmp magnetic exterior, corespunzătoare realizării minimului energiei magnetocristaline, va produce o variaţie a forţelor interatomice, ceea ce va da naştere unei modificări a formei celului cristaline — efectul magnetostrictiv direct. Dacă această deformare este contracarată de existenţa cristalelor vecine, se vor produce tensiuni interne. Pe de altă parte, în cazul în care cristalul este supus unor tensiuni externe se vor produce nu numai deformaţii elastice, ci şi o rearanjare a vectorilor de spin, ceea ce implică o variaţie a stării de magnetizare — efectul magnetostrictiv invers.

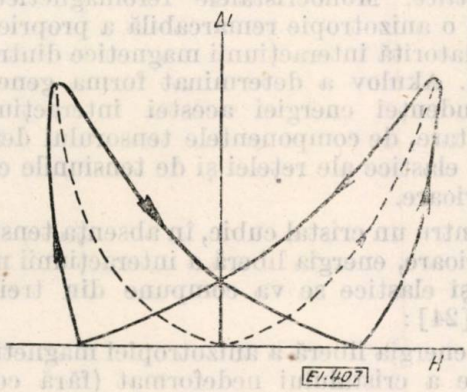


Fig. 1. Dependenţa deformaţiei de cîmpul magnetic.

Datorită caracterului anizotrop al energiei magnetocristaline şi efectul magnetostrictiv este anizotrop.

Există două tipuri de magnetostricţiune: liniară şi de volum [2]. Cea de volum este mult mai slabă decît cea de lungime, aşa încît poate să apară numai la cîmpuri magnetice foarte puternice, nu însă în condiţiile practice de funcţionare a traductoarelor. O altă deosebire este faptul că, pe cînd magnetostricţiunea liniară prezintă saturaţie, aceea de volum continuă să crească liniar cu cîmpul.

Fenomenul magnetostricţiunii a fost descoperit de Joule în anul 1842 şi apoi a fost studiat teoretic de Maxwell şi Helmholtz. Teoria modernă a fost dezvoltată de Akulov [1], Heisenberg, Kondorski ş.a.

1.1. Ecuaţii magnetomecanice liniare. Deformaţia mecanică a feritelor magnetostrictive ca funcţie de cîmpul magnetic urmează, în general, o lege pătratică de forma arătată în figura 1, prezentînd fenomenul de histerezis.

Punctul de lucru este determinat de premagnetizarea aplicată.

Se consideră un volum elementar de material magnetizat, ca un corp liber supus simultan unei tensiuni elastice T şi unui cîmp magnetic de excitare, de intensitate H. Alegerea variabilelor independente pentru acest sistem este arbitrară. Dacă se aleg drept variabile deformaţia rezultantă s şi inducţia magnetică B, se pot scrie următoarele dependenţe funcţionale:

$$T = f(B, s); \qquad H = g(B, s). \tag{1}$$

Ecuaţiile fundamentale care descriu comportarea volumului elementar rezultă în mod simplu [16]:

$$\mathrm{d}T = -h^m \, dB + E \, ds \tag{2}$$

corespunzînd efectului magnetostrictiv direct;

$$\mathrm{d}H = \frac{1}{\mu} dB - h^m \, ds \tag{3}$$

corespunzînd efectului magnetostrictiv invers; unde:

$-h^m = \left.\frac{\partial T}{\partial B}\right|_s = \left.\frac{\partial H}{\partial s}\right|_B$ este coeficient magnetostrictiv. Egalitatea rezultă din considerarea variaţiilor de energie internă $\mathrm{d}w = T\,ds + H\,dB$;

$E = \left.\frac{\partial T}{\partial s}\right|_B$ — modulul de elasticitate, măsurat la B constant;

$\frac{1}{\mu} = \left.\frac{\partial H}{\partial B}\right|_s$ — reciproca permeabilităţii, măsurată la deformare constantă.

Dată fiind cuplarea între deplasările pe direcţii ortogonale, ecuaţiile (2) şi (3) nu pot fi utilizate în forma dată, ci trebuie puse sub formă matricială în cazul unui corp cu dimensiuni comparabile după axele de coordonate.

1.2. Teoria vibratorului magnetostrictiv. Fie o bară de lungime l, cu secţiunea transversală A, în care o forţă periodică K excită vibraţii longitudinale. Ea se poate reprezenta cu aproximaţie destul de bună sub forma a două mase m legate printr-o legătură elastică. Ecuaţia de mişcare a unui asemenea sistem este de forma:

$$m\frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2} + r\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} + \frac{EA}{l}x = K, \tag{4}$$

unde:

x este alungirea provocată de forţa K;
r — coeficientul de frecare;
E — modulul de elasticitate;
$\frac{EA}{l}$ — rigiditatea barei.

Forţa K depinde de efectul magnetostrictiv direct; în consecinţă ea este legată de inducţia magnetică prin expresia [4], [20]:

$$K = -h^m AB, \tag{5}$$

provenind din ecuaţia (2) pentru $ds = 0$.

Inducţia magnetică stimulată în bară constă

din două părți: din inducția $B_i e^{j\omega t}$, creată de curentul alternativ i, și din inducția B_m, creată de efectul magnetostrictiv invers:

$$B_m = \mu h^m \frac{x}{l},$$

conform ecuației (3) pentru $dH = 0$. Aici μ are rol de valoare medie pentru domeniul utilizat. În acest caz, ecuația (4) devine:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} + r\frac{dx}{dt} + \frac{EA}{l}x = -h^m A\left(B_i e^{j\omega t} + \mu h^m \frac{x}{l}\right).$$

Prin integrare se obține:

$$x = \frac{j}{\omega} \cdot \frac{A h^m B_i e^{j\omega t}}{r + j\left(m\omega - \frac{\varepsilon A}{l\omega}\right)}, \qquad (7)$$

unde prin ε s-a notat $E + \mu h^{m^2}$.

Formula (7) a fost obținută din considerarea sistemului vibrator mecanic, format din vibratorul magnetostrictiv.

Ne referim, în continuare, la circuitul electric format de înfășurarea vibratorului cu bara introdusă în ea și se aplică acestui circuit legea lui Kirchhoff:

$$u = Ri + L\frac{di}{dt} + \frac{d\Phi}{dt}, \qquad (8)$$

unde:

u este tensiunea alternativă dată de sursa care alimentează vibratorul;
i — curentul care trece prin înfășurare;
L — inducția înfășurării;
R — rezistența ei activă;
Φ — fluxul condiționat de acțiunea inversă a barei vibrante asupra înfășurării.

În primă aproximație fluxul este proporțional cu inducția B_m creată de efectul magnetostrictiv invers. Dacă se notează cu c coeficientul de proporționalitate, atunci tensiunea u' indusă în înfășurare, datorită vibrațiilor barei, va fi, ținînd seamă de ecuația (6):

$$u' = c\frac{dB_m}{dt} = c\frac{\mu h^m}{l}\frac{dx}{dt}.$$

În locul lui $\frac{dx}{dt}$ se introduce derivata expresiei (7) și rezultă:

$$u' = -\frac{c\mu h^{m^2} A}{l} \cdot \frac{B_i e^{j\omega t}}{r + j\left(m\omega - \frac{\varepsilon A}{l\omega}\right)}.$$

Considerînd că B_i este proporțională cu intensitatea i, se poate scrie:

$$u' = \frac{P}{r + j\left(m\omega - \frac{\varepsilon A}{l\omega}\right)} i e^{j\omega t}. \qquad (9)$$

Fracția din (9) se numește rezistența complexă de mișcare a vibratorului magnetostrictiv. Ea se compune din rezistența activă W și din rezistența reactivă X:

$$W = \frac{Pr}{Z^2}, \qquad (10\,a)$$

$$X = -\frac{P\left(m\omega - \frac{\varepsilon A}{l\omega}\right)}{Z^2}, \qquad (10\,b)$$

unde:

$$Z = \sqrt{r^2 + \left(m\omega - \frac{\varepsilon A}{l\omega}\right)^2}$$ este rezistența mecanică totală a vibratorului.

1.3. Tipuri de interacțiune în cristalele feromagnetice. Monocristalele feromagnetice prezintă o anizotropie remarcabilă a proprietăților lor, datorită interacțiunii magnetice dintre electroni. Akulov a determinat forma generală a dependenței energiei acestei interacțiuni de orientare, de componentele tensorului deformațiilor elastice ale rețelei și de tensiunile elastice exterioare.

Pentru un cristal cubic, în absența tensiunilor exterioare, energia liberă a interacțiunii magnetice și elastice se va compune din trei părți [1], [24]:

— energia liberă a anizotropiei magnetice naturale a cristalului nedeformat (fără considerarea efectelor magnetostrictive);

— energia liberă a tensiunilor elastice cristaline (fără considerarea efectelor magnetice);

— energia liberă a tensiunilor de magnetostricțiune.

Expresia energiei libere totale este de forma:

$$F^0_{aniz} = K_1(\alpha_1^2\alpha_2^2 + \alpha_2^2\alpha_3^2 + \alpha_3^2\alpha_1^2) + K_2\alpha_1^2\alpha_2^2\alpha_3^2 + K_3(\alpha_1^2\alpha_2^2 + \alpha_2^2\alpha_3^2 + \alpha_3^2\alpha_1^2)^2, \qquad (11)$$

unde K_i sînt constante;

α_i — cosinușii directori ai vectorului magnetizării spontane.

Akulov a dat expresia lungirii specifice a unui corp feromagnetic într-o direcție arbitrară caracterizată de cosinușii directori (β_1, β_2, β_3), la o orientare (α_1, α_2, α_3) a vectorului de magnetizare spontană.

Pentru cristale cu simetrie cubică:

$$\left(\frac{\delta l}{l}\right)^0_{\alpha_i\beta_i} = \frac{3}{2}\lambda_{100}\left(\alpha_1^2\beta_1^2 + \alpha_2^2\beta_2^2 + \alpha_3^2\beta_3^2 - \frac{1}{3}\right) + 3\lambda_{111}(\alpha_1\alpha_2\beta_1\beta_2 + \alpha_2\alpha_3\beta_2\beta_3 + \alpha_3\alpha_1\beta_3\beta_1), \qquad (12)$$

unde λ_{100} și λ_{111} sînt denumite constante de magnetostricțiune pentru axele 100 și 111, cînd trecem de la starea de demagnetizare a cristalului la saturația în lungul acestor axe.

În cazul cînd corpul este supus și acțiunii unor tensiuni exterioare, date de tensorul σ_{ik}, trebuie să se adauge la energia liberă termenul:

$$\sum_{i,k} S_{ik}\sigma_{ik}, \tag{13}$$

unde S_{ik} este tensorul deformațiilor produse de magnetostricțiune și de tensiunile exterioare.

În cazul unui cristal cubic și al unor tensiuni omogene

$$\sigma_{ik} = \sigma\gamma_i\gamma_k,$$

unde:

σ este tensiunea omogenă exterioară;
γ_i — cosinușii ei directori față de axele cristalului.

Corecția la energia liberă devine:

$$F_\sigma = -\frac{3\sigma}{2}\Big[\lambda_{100}(\alpha_1^2\gamma_1^2 + \alpha_2^2\gamma_2^2 + \alpha_3^2\gamma_3^2) + 2\lambda_{111}(\alpha_1\alpha_2\gamma_1\gamma_2 + \alpha_2\alpha_3\gamma_2\gamma_3 + \alpha_1\alpha_3\gamma_1\gamma_3)\Big]. \tag{14}$$

Energia F_σ are mare importanță cînd tensiunile sînt mari ($\lambda\sigma \gg K$) sau cînd anizotropia magnetică naturală este mică. Atunci anizotropia magnetică rezultantă este determinată, practic, de tensiunile exterioare. În cazul unei anizotropii slabe a magnetostricțiunii ($\lambda_{100} \simeq \simeq \lambda_{111} \simeq \lambda_S$), expresia (37) capătă forma:

$$F_\sigma = -\frac{3}{2}\lambda_S\sigma\cos^2\varphi. \tag{15}$$

2. Proprietățile feritelor magnetostrictive

2.1. Proprietăți statice. Deformarea unei bare din material policristalin, izotrop, omogen, în urma unui proces de magnetizare după axa longitudinală poate fi descrisă prin relația dintre $\frac{\delta l}{l} = \lambda$ și inducția B.

Pentru unele aliaje ale fierului și pentru magnetită, λ este tot timpul pozitivă (magnetostricțiune pozitivă). Pentru nichel și feritele de nichel-zinc, λ are valori negative. În cazul fierului, la valori mici ale inducției, λ este pozitivă, iar în vecinătatea saturării se inversează (punctul Villari) [13].

Un fenomen analog se întîmplă și cu unele ferite (de exemplu $Ni_{0,65}Fe^{II}_{0,35}Fe_2O_4$). Această inversare a semnului se explică astfel: magnetostricțiunea la cîmpuri mici (de ordinul de mărime a forței coercitive) este rezultatul deplasărilor pereților Bloch, care rotesc magnetizarea către o nouă direcție preferențială apropiată de cea a cîmpului magnetic aplicat. Corespunde constanta magnetostrictivă după această direcție. La toate cîmpurile, dar cu precădere la cîmpurile mari în raport cu forța coercitivă, o contribuție este adusă de rotația magnetizării în interiorul domeniilor Weiss cu orientare diferită față de noua direcție preferențială. Corespunde o constantă de magnetostricțiune îndreptată după direcția de magnetizare dificilă. Dacă aceste două constante au semne diferite, apar curbe $\lambda(H)$ cu inversarea semnului lui λ pentru un anumit cîmp. Semnul magnetostricțiunii este independent de semnul lui B. Valoarea λ_S luată de λ la saturație, numită magnetostricțiune de saturație, dă indicații pentru posibilitatea de folosire a materialului pentru vibratori magnetostrictivi de mare putere. În general, λ_S pentru ferite este mai scăzută decît pentru materiale metalice.

În schimb, rezistivitatea electrică este cu aproximativ 10 ordine de mărime mai mare la ferite, ceea ce permite utilizarea lor ca miezuri compacte, nelaminate, pe tot domeniul de frecvențe ultrasonice [8]—[11]. De asemenea, temperatura Curie mai ridicată, împreună cu buna rezistență la coroziune, fac posibilă utilizarea feritelor la temperaturi înalte.

Constantele de magnetostricțiune, ca și constantele de anizotropie magnetică, depind puternic de temperatură [20], [24].

Existența magnetostricțiunii se manifestă și în anomaliile dilatării termice. Substanțele cu magnetostricțiune negativă au dimensiuni ceva mai mici sub punctul Curie, iar cele cu magnetostricțiune pozitivă, dimensiuni mai mari decît cele corespunzătoare dilatării termice de volum. În punctul Curie se observă un minim ascuțit ($\lambda > 0$) sau un maxim ($\lambda < 0$) al coeficientului termic de dilatare [24].

2.2. Proprietăți dinamice. La aplicarea unui cîmp magnetic alternativ H asupra unei bare magnetostrictive, aceasta va începe să vibreze. Dat fiind că sensul de deformație nu depinde de sensul cîmpului aplicat, ci numai de material, pentru fiecare alternanță a cîmpului alternativ bara se va deforma în același sens, deci frecvența vibratorului va fi dublă. Dacă se aplică și un cîmp magnetic continuu H_0, frecvența vibrațiilor barei va fi egală cu frecvența cîmpului alternativ. Valoarea lui H_0 se alege astfel încît amplitudinea vibrațiilor să fie cît mai mare pentru o valoare cît mai mică a tensiunii de excitație. Aplicarea unei premagnetizări este utilă, în special, la puteri mici utilizate.

Amplitudinea maximă a vibrațiilor barei apare cînd frecvența ei de rezonanță coincide cu frecvența cîmpului magnetic alternativ. Frecvențele proprii de rezonanță ale unei bare fixate la mijloc sînt date de relația [3], [4], [14]:

$$f_k = \frac{k}{2l}\sqrt{\frac{E}{\rho}}, \tag{16}$$

unde:

$k = 1, 2, 3 \ldots$ corespunzînd ordinului armonicilor;
E — modulul de elasticitate, dine/cm²;
ρ — densitatea materialului, g/cm³.

Traductoarele de ferită pot funcționa pînă la frecvențe mari de ordinul a 100 kHz, dat fiind

că pierderile în curenți turbionari sînt foarte mici.

Pierderile principale sînt cele prin histerezis magnetic și magnetoelastic, cum și pierderile mecanice.

O caracteristică a traductoarelor este coeficientul de cuplaj magnetomecanic K. Pătratul acestei mărimi reprezintă fracțiunea din energia magnetică care este transformată în energie mecanică și este egal cu [8]—[11]:

$$K^2 = \frac{\mu^T - \mu^S}{\mu^S}, \qquad (17)$$

unde:

μ^T este permeabilitatea în condițiile cînd nu se exercită nici o tensiune asupra probei;

μ^S — permeabilitatea cînd proba nu poate suferi variații dimensionale.

Dacă proba magnetostrictivă este bobinată și trecem un curent alternativ, se poate măsura impedanța Z în funcție de frecvență. Valoarea Z prezintă un maxim la frecvența f_r — „de rezonanță" — și un minim la frecvența f_a „de antirezonanță". Dacă vibratorul este în contact cu un lichid, în acesta iau naștere unde acustice și vibrațiile sînt puternic amortizate. Amortizarea coboară și lărgește vîrfurile lui Z.

3. Influența compoziției și a procedeului de preparare asupra proprietăților feritelor magnetostrictive

Cele mai obișnuite ferite cu proprietăți magnetostrictive sînt cele din sistemele: $NiO—ZnO—CoO—Fe_2O_3$ și $NiO—CuO—CoO—Fe_2O_3$. Valori mari ale parametrilor interesanți le prezintă ferita de nichel-zinc-cobalt $Ni_{0.88}Zn_{0,1}Co_{0.02}Fe_2O_4$ și ferita de nichel-cobalt cu adaos de oxid de fier $Ni_{0,99}\,Co_{0,01}\,Fe_2O_4$ $(Fe_2O_3)_{0,01}$ ($\lambda_S = 180 \cdot 10^{-6}$, respectiv $220 \cdot 10^{-6}$, K = 0,28, respectiv 0,29).

Ferita de cobalt $CoFe_2O_4$ prezintă și ea o constantă magnetostrictivă ridicată, dar nu poate fi folosită în traductoare din cauză că este o ferită dură — cîmpul coercitiv este mare. Sînt interesante și feritele din sistemul $MgO — Co_2O_3 — Fe_2O_3$, deși au valori mici ale constantei de magnetostricțiune. Se observă însă existența a două valori ale constantei după direcția—longitudinală sau transversală—de măsură. Aceste valori diferă nu numai ca mărime, ci și ca semn.

Proprietățile magnetostrictive depind puternic de compoziția materialului și de gradul de porozitate.

De exemplu: în cazul feritelor de nichel-zinc $Ni_{1-y}\,Zn_yFe_2O_4$ pentru o creștere a lui y de la 0 la 0,65, constanta λ_S variază de la — 27 la — 5, iar temperatura Curie, de la 590° la 190°C [10].

Prin adăugarea de cobalt scade mult dependența proprietăților feritelor magnetostrictive de temperatură [5], [7], [8], [10], [11], lucru esențial îndeosebi în aplicarea lor la filtre de bandă îngustă.

O influență puternică asupra proprietăților magnetostrictive, ca și asupra rezistenței mecanice, este exercitată de porozitatea materialului [5], [15]. Cu cît materialul este mai dens, cresc coeficientul de cuplaj — deci intensitatea de radiație — magnetizarea de saturație, constanta de sensibilitate la tensiuni și scad, atît pierderile prin histerezis, cît și pierderile pur mecanice.

Mărirea densității poate fi realizată prin [8], [10]:

— sinterizarea la temperaturi mai mari (pînă la 1 450°) sau în oxigen;

— utilizarea unui amestec nestoechiometric cu deficit de fier;

— încorporarea de mangan sau cupru în proporții însemnate, ceea ce reduce și conductibilitatea electrică;

— creșterea conținutului de zinc.

4. Construcția traductoarelor magnetostrictive

Excitarea barelor se poate face prin diferite metode. Unul dintre primele traductoare magnetostrictive construit de Pierce se bazează pe o schemă cu autoexcitare pe o lampă electronică [20], [21].

Înfășurarea L_1 și capacitatea C formează un circuit oscilant inclus în circuitul anodic al lămpii R. Înfășurarea L_2 este legată la grila și la catodul tubului. Autoexcitarea are loc pe seama efectului magnetostrictiv invers — la deformații elastice ale barei variază magnetizarea ei și ca urmare în înfășurarea L_2 se induce o forță electromotoare care comandă prin circuitul grilei curentul anodic. Apariția vibrațiilor este înregistrată prin indicațiile miliampermetrului. Drept sursă de premagnetizare poate servi componenta continuă a curentului anodic sau un magnet permanent dispus în apropierea barei.

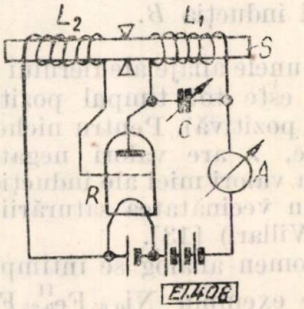


Fig. 2. Schema vibratorului magnetostrictiv al lui Pierce [20].

Rezultate observabile se pot obține dacă se anulează vibrațiile autoexcitate în bară. Să considerăm figura 3.

Bara este așezată pe două cuțite de sprijin S_1 și S_2, care determină nodurile vibrațiilor. Deci frecvența minimă de vibrație este frecvența proprie de ordinul II. Bobina L_1 și capacitatea C formează un circuit oscilant legat cu tubul electronic R. Deoarece prin înfășurare poate trece numai curent alternativ, nu și componenta continuă a curentului anodic, este necesară o premagnetizare separată. Pentru aceasta servește înfășurarea L_2. Pentru observarea vibrațiilor este folosit un circuit special indicator, care constă din bobina L_3 înfășurată pe bară, redresorul D și ampermetrul de curent alternativ A. Pentru înlăturarea cuplajului direct între circuitele generator și indicator se poate introduce în circuitul indicator bobina L_3', care compensează inducția mutuală între L_1 și L_3.

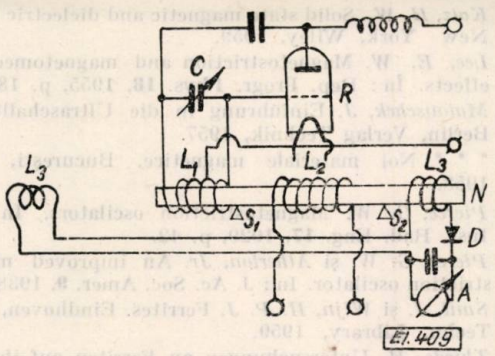


Fig. 3. Vibrator magnetostrictiv cu premagnetizare suplimentară.

5. Aplicații

Feritele magnetostrictive sînt utilizate îndeosebi în traductoare de mică putere. Cîteva dintre principalele lor aplicații sînt la:

a) generatoare de ultrasunete folosite în:
— semnalizarea submarină (depistare prin ecou „Sonar");
— descoperirea defectelor structurale în substanțe solide;
— curățarea unor organe mecanice mici ale mașinilor;
— unele prelucrări mecanice (găurirea materialelor fragile);
— sudarea aluminiului (în timpul căreia vibrațiile fărîmițează pelicula de oxid formată);
— unele domenii ale terapeuticii medicale;
— omogenizarea și sterilizarea laptelui;
— precipitarea prafului;
— accelerarea reacțiilor chimice;
— determinarea deformărilor;
— controlul frecvenței oscilatoarelor, sub 100 kHz;

b) hidrofoane (aparate care pot detecta undele sonore produse de vibrația elicelor, motoarelor, pompelor și astfel semnalizează prezența vapoarelor);

c) elemente ale filtrelor electrice sau electromecanice cu bandă îngustă de frecvență, necesare în special la circuite telefonice cu multe canale;

d) doze torsionale pentru reproducerea sunetelor de pe plăci de patefon.

Aparatele de depistare prin ecou trimit un puls de energie sonoră sau ultrasonoră, iar undele reflectate de obiecte sînt detectate de un hidrofon care utilizează efectul magnetostrictiv invers de schimbare a proprietăților magnetice la aplicarea unor tensiuni mecanice. Hidrofoanele conțin, în general, un cilindru din material magnetostrictiv, bobinat toroidal și magnetizat permanent, așa încît orice deformare creată de vibrațiile sonore în apă va provoca o variație a magnetizării. Aceasta induce o tensiune care este amplificată și detectată. Astfel, cu un traductor direcțional se pot descoperi poziția, mărimea și viteza unui vapor. Aceste aparate sînt valoroase, în special, pentru submarine în imersie, cînd radarul devine inutilizabil. De asemenea, aparate formate dintr-un traductor, un amplificator și un emițător radio, parașutate dintr-un avion în apă, permit descoperirea și localizarea submarinului sau a bancurilor de pești și transmiterea informațiilor către avion.

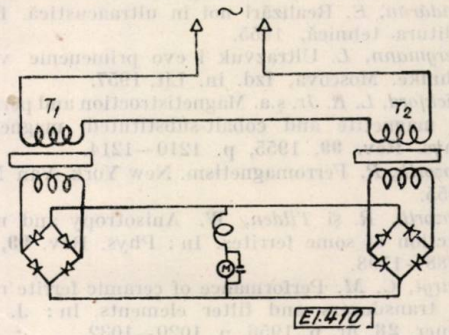


Fig. 4. Instrument pentru determinarea tensiunilor mecanice.

Aparatul pentru măsurarea forțelor utilizează variația permeabilității cu tensiunile. O bară magnetostrictivă formează elementul senzitiv, iar alta identică elimină erorile datorite variației cu temperatura și alte efecte parazite (fig. 4). Cînd nu există tensiuni mecanice, circuitul este echilibrat și nu circulă nici un curent prin instrumentul M — miliampermetru sau osciloscop. Cînd bara din stînga este tensionată, permeabilitatea sa și deci tensiunea de ieșire din T_1 sînt modificate, iar prin M circulă un curent proporțional cu tensiunea.

Un principiu similar este utilizat de dozele torsionale magnetostrictive pentru reproducerea sunetului de pe plăci. În acest caz variația proprietăților magnetice este dată de o variație a torsiunii. Această doză are caracteristici uniforme pe domeniul de frecvențe de la

30 — 10 000 Hz, iar cu ajutorul unui transformator corespunzător, domeniul poate fi extins pînă la 15 000 Hz. O altă calitate este faptul că este necesară o masă mică a acului și deci și o presiune mică a acului, pentru a acționa instrumentul.

Bibliografie

[1] *Akulov, N. S.* Feromagnetism O.N.T.I. Moscova, 1939.
[2] *Babicov, O. I.* Ultrazvuk i evo primenenie v promîșlennosti. Moscova, Fizmatghiz, 1958.
[3] *Bădărău, E.* Realizări noi în ultraacustică. București, Editura tehnică, 1955.
[4] *Bergmann, L.* Ultrazvuk i evo primenenie v nauke i tehnike. Moscova, Izd. in. Lit. 1957.
[5] *Bickford, L. R. Jr.* ș.a. Magnetistroction and permeability of magnetite and cobalt-substituted magnetite. In: Phys. Rev. **99**, 1955, p. 1210—1214.
[6] *Bozorth, R.* Ferromagnetism. New York, Van Nostrand, 1955.
[7] *Bozorth, R.* și *Tilden, W.* Anisotropy and magnetostriction of some ferrites. In: Phys. Rev. **99**, 1955, p. 1788—1798.
[8] *Burgt, C. M.* Performance of ceramic ferrite resonators as transducers and filter elements. In: J. Ac. Soc. Amer. **28**, nr. 6, 1956, p. 1020—1032.
[9] *Burgt, C. M.* Dinamical physical parameters of the magnetostrictive excitation of extensional and torsional vibrations in ferrites. În: Philips Researches Repts **8**, nr. 2, 1953, p. 91—132.
[10] *Burgt, C. M.* Matériaux ferroxcube pour vibrateurs piézomagnétiques. In: Revue Techn. Philips **18**, nr. 10, 1957, p. 289—304.
[11] *Burgt, C. M.* Controlled crystal anisotropy and controlled temperature dependence of the permeability and elasticity of various cobalt substituted ferrites. In: Philips Researches Repts. **12**, nr. 2, 1957, p. 97—122.
[12] *Diethelm, C. W.* Ferrite als magnetostrictive Resonatoren. In: Techn. Mitteilungen P.T.T. **8**, 1951, p. 281—297.
[13] *Enz. U.* Die Erzeugung von Ultraschall mit Ferriten. In: Techn. Mitteilungen P.T.T. **6**, 1955, p. 209—212.
[14] *Ghersgal, D. A.* și *Friedman, V. M.* Aparate cu ultrasunete. București, Editura tehnică, 1962.
[15] *Goliamina, I. P.* Emițător de ultrasunete din ferită de nichel. In: Akusticeski jurnal **II**, nr. 2, 1955, p. 225—228.
[16] *Katz, H. W.* Solid state magnetic and dielectric devices. New York, Wiley, 1959.
[17] *Lee, E. W.* Magnetostriction and magnetomechanical effects. În: Rep. Progr. Phys. **18**, 1955, p. 184—229.
[18] *Matauschek, J.* Einführung in die Ultraschalltechnik. Berlin, Verlag Technik, 1957.
[19] * * * Noi materiale magnetice. București, I.D.T. 1958.
[20] *Pierce, G. W.* Magnetostriction oscilators. In: Proc. Inst. Rad. Eng. **17**, 1929, p. 42.
[21] *Pierce, G. W.* și *Atherton, Jr.* An improved magnetostriction oscilator. In: J. Ac. Soc. Amer. **9**, 1938 p. 185.
[22] *Smit, J.* și *Wijn, H. P. J.* Ferrites. Eindhoven, Philips Techn. Library, 1959.
[23] *Thiede, H.* Untersuchungen an Ferriten auf ihre Eignung als Flüssigkeitsschallwandler. In: Acustica **4**, nr. 5, 1954, p. 532—536.
[24] *Vonsovski, S. V.* Teoria modernă a magnetismului. București, Editura tehnică, 1955.

Intrat în redacție la 12.X.1963

PENTRU TÎNĂRUL INGINER

Influența electrozilor folosiți la determinarea permitivității și tangentei unghiului de pierderi ale materialelor plastice

Violeta Berinde * — București

CZ 621.317.333.6.017.21.035

Permitivitatea și în special tangenta unghiului de pierderi ale unui dielectric caracterizează compoziția și structura acestuia, determinînd domeniul de utilizare. Pentru a aprecia, din acest punct de vedere, un material este necesar a se determina corect aceste caracteristici. Determinarea permitivității (ε) și a tangentei unghiului de pierderi ($\operatorname{tg}\delta$) depinde însă, în mare măsură, de electrozii aplicați și de tensiunea de lucru pentru frecvența dată.

Pentru a compara datele obținute pentru același material, ale diferitelor laboratoare, cu datele din literatura de specialitate este necesar ca încercările să se efectueze în aceleași condiții.

Stadiul actual al tehnicii măsurărilor

Pentru determinarea permitivității și tangentei unghiului de pierderi există standarde străine și interne generale, cum și speciale, pentru unele materiale. Aceste standarde cuprind recomandări referitoare la aparatura și electrozii care trebuie folosiți în diferitele game de frecvență [1], [2], [3], [4], [10]. În ceea ce privește tensiunea de lucru, ea nu se limitează de către aceste norme.

Pentru încercări pe materiale solide, STAS 2740—60 prevede electrozi aderenți din argint sau alte metale obținute prin diferite metode, iar la frecvență joasă se admit electrozi din grafit coloidal pentru materiale care nu absorb apa și, în cazul materialelor cu grosimi mici, chiar electrozi grei din metal care se așază direct pe material.

Unele norme străine admit folosirea electrozilor din foiță metalică, aplicați pe dielectric cu un strat fin de ulei de transformator, siliconic sau vaselină.

Din literatură [5] rezultă că acest tip de electrozi se poate folosi în cazul epruvetelor cu grosimea $\geqslant 0{,}25$ mm din materiale care au tangenta unghiului de pierderi $\geqslant 0{,}01$. La pierderi mici ale dielectricului, peliçula de ulei, oricît ar fi de subțire, introduce erori.

Într-adevăr, în acest caz avem de-a face cu un dielectric compus, format din dielectricul de măsurat și stratul de ulei aplicat. Dacă se înlocuiește acest dielectric compus, printr-o schemă echivalentă serie cu două condensatoare corespunzătoare celor doi dielectrici, permeabilitatea și tangenta unghiului de pierderi se exprimă [6] prin relațiile:

$$\operatorname{tg}\delta = \omega \frac{C_0 C_1}{C_0 + C_1}(r_0 + r_1) = \frac{C_0}{C_0 + C_1}\operatorname{tg}\delta_1 + \frac{C}{C_0 + C}\operatorname{tg}\delta_0 \ldots, \quad (1)$$

* Ing. *V. Berinde* este cercetător principal la I.C.P.E.

de unde :

$$\operatorname{tg}\delta = \frac{\frac{\varepsilon_0}{h_0}}{\frac{\varepsilon_0}{h_0}+\frac{\varepsilon_1}{h_1}}\operatorname{tg}\delta_1 + \frac{\frac{\varepsilon_1}{h_1}}{\frac{\varepsilon_0}{h_0}+\frac{\varepsilon_1}{h_1}}\operatorname{tg}\delta_0 = \frac{\frac{\varepsilon_0}{h_0}\operatorname{tg}\delta_1+\frac{\varepsilon_1}{h_1}\operatorname{tg}\delta_0}{\frac{\varepsilon_0}{h_0}+\frac{\varepsilon_1}{h_1}} = \frac{\varepsilon_0 h_1 \operatorname{tg}\delta_1+\varepsilon_1 h_0 \operatorname{tg}\delta_0}{\varepsilon_0 h_1+\varepsilon_1 h_0}, \quad (2)$$

$$\frac{1}{\varepsilon} = \frac{x}{\varepsilon} + \frac{1-x}{\varepsilon_1}, \quad (3)$$

de unde :

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_1}{(1-x)\varepsilon_0 + \varepsilon_1 x} = \frac{\varepsilon_1}{1-x+x\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_0}} \ldots, \quad (4)$$

în care :

ω este frecvența de lucru ;
C_0 — capacitatea stratului de ulei ;
C_1 — capacitatea dielectricului de măsurat ;
$\operatorname{tg}\delta$ — tangenta unghiului de pierderi ale dielectricului compus ;
ε — permitivitatea dielectricului compus ;
ε_0 — permitivitatea uleiului ;
$\operatorname{tg}\delta_0$ — tangenta unghiului de pierderi ale uleiului ;
h_0 — grosimea stratului de ulei ;
ε_1, $\operatorname{tg}\delta_1$ și h_1 — aceleași caracteristici pentru dielectricul de încercat ;
x — grosimea relativă a stratului de ulei.

Rezultă că erorile de măsurare cresc cu creșterea grosimii stratului de ulei și cu cît este mai mare diferența dintre permeabilitatea și, respectiv, tangenta unghiului de pierderi ale uleiului și dielectricului de măsurat.

Pentru măsurările la frecvența peste 10^5 Hz se recomandă folosirea electrozilor din argint, obținuți prin descompunerea chimică la cald sau la rece prin metalizare sub vid sau din soluții coloidale de argint.

În practica diferitelor laboratoare se folosesc toate tipurile de electrozi. Ne interesează care este eroarea ce apare datorită electrozilor folosiți. În cele ce urmează se face o analiză a influenței electrozilor la determinarea tg δ și ε, în cazul materialului des folosit în electrotehnică PCV.

În ceea ce privește influența tensiunii de lucru asupra datelor experimentale, trebuie menționat că aceasta apare în cazul încercărilor la frecvența industrială cînd se fac încercări la punți de tensiune înaltă. Aceste punți au precizia corespunzătoare cînd se lucrează la tensiuni peste 1 kV și chiar peste 3 kV. Aceste tensiuni pot provoca însă ionizări în materialul de încercat, datorită depășirii gradientului de potențial admis pentru materialul dat, ceea ce duce la creșterea tg δ în mod artificial.

Pentru a evita această eroare se ridică pentru una din epruvete curba tg $\delta = f(E)$.

Se alege pentru măsurări o tensiune în zona orizontală a curbei [9].

Date experimentale

Pentru determinarea influenței electrozilor asupra tg δ și ε s-au folosit plăci din PCV cu grosimi în jur de 1 ; 2 și 5 mm, pe care s-au aplicat electrozi aderenți din argint prin metoda descompunerii chimice la rece, electrozi din grafit coloidal din foiță de aluminiu avînd grosimea 0,01 mm, care s-a lipit cu ulei de transformator și ulei siliconic. De asemenea, s-au făcut încercări punîndu-se pe plăci electrozi grei metalici, care au o pernă din cauciuc spongios acoperită cu foiță de aluminiu, fără a se lipi electrozi pe material.

Încercările la frecvența industrială s-au făcut cu o punte tip Schering, de tensiune înaltă ; la 800 Hz, cu o punte tip Ulrich, iar pentru frecvența radio s-a folosit Q-metrul RFT.

La frecvența industrială s-a lucrat cu gradient de circa 0,5 kV/mm. Curba $\operatorname{tg}\delta = f(E)$ s-a ridicat pentru tensiuni de lucru între 500 și 3 500 V.

În figura 1 se reprezintă variația tangentei unghiului de pierderi în funcție de tensiune pentru toate grosimile. Se

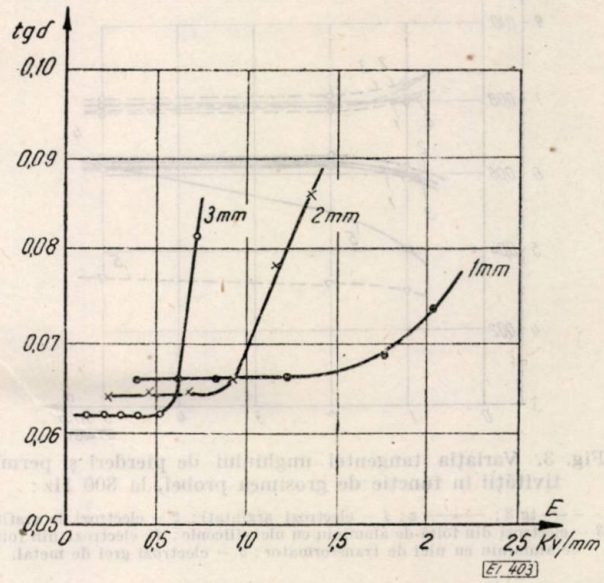


Fig. 1. Variația tg δ în funcție de gradientul de tensiune al cîmpului aplicat pentru diferite grosimi ale probei, $f = 50$ Hz.

observă că zona orizontală a curbei se găsește la tensiuni mici, la un gradient peste 500 V/mm pierderile cresc vertiginos cu creșterea tensiunii.

La încercările executate în laborator s-au ales pentru fiecare grosime tensiuni ce corespund acestui gradient. Folosind un condensator etalon, cu capacitatea de 1000 pF, s-a asigurat măsurarea la puntea de tensiune înaltă, cu o precizie de 0,0001 și la tensiuni sub 1000 V. Cînd nu există posibilitate

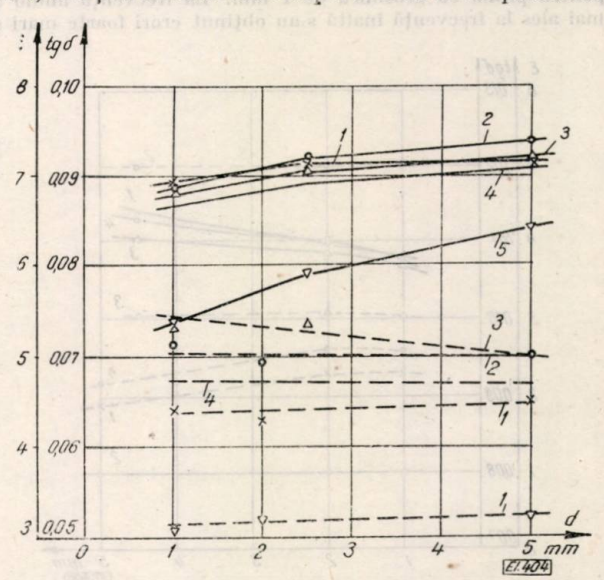


Fig. 2. Variația tangentei unghiului de pierderi și a permitivității în funcție de grosimea probei pentru diferite tipuri de electrozi, $f = 50$ Hz :

– – – – tg δ ; ——— ε ; *1* — electrozi argintați ; *2* — electrozi de grafit ; *3* — electrozi din foiță de aluminiu cu ulei de transformator ; *4* — electrozi din aluminiu cu ulei siliconic ; *5* — electrozi grei de metal.

pentru a mări capacitatea etalon, se poate mări grosimea probei (cînd acest lucru este posibil), fără a depăși limitele de grosime recomandate de norme.

În cazul frecvenței de 800 Hz, tensiunea de lucru a fost de circa 100 V, iar la 1 MHz, de ordinul a 1 V. Aceste tensiuni

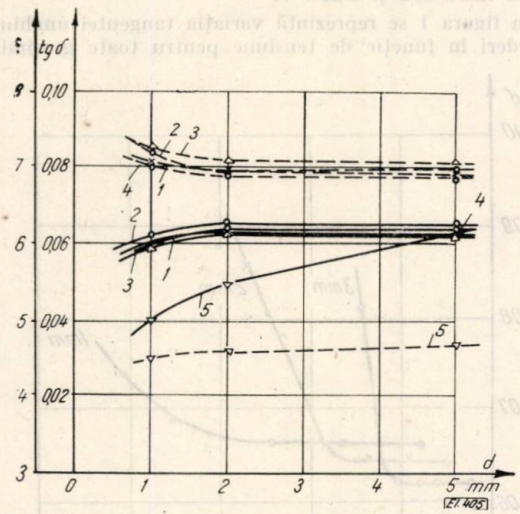


Fig. 3. Variația tangentei unghiului de pierderi și permitivității în funcție de grosimea probei, la 800 Hz :

– – – – tg δ ; ——— ε ; *1* – electrozi argintați ; *2* – electrozi de grafit ; *3* – electrozi din foiță de aluminiu cu ulei siliconic ; *4* – electrozi din foiță de aluminiu cu ulei de transformator ; *5* – electrozi grei de metal.

au fost determinate de aparatura cu care s-au făcut experimentările.

Rezultatele încercărilor executate în laborator la I.C.P.E. sînt prezentate în figurile 1—4. Se observă că influența electrozilor este cu atît mai mare cu cît tensiunea de lucru este mai mică. Luînd ca indice de referință valorile tg δ mai mari și ε pentru electrozii aderenți din argint (curba *1*), se observă că rezultatele cele mai apropiate s-au obținut cînd s-au folosit electrozi din foiță metalică, lipiți cu ulei siliconic (curba *4*), pentru toate frecvențele. Cele mai mari erori au fost în cazul electrozilor grei din metal cu pernă de cauciuc, chiar pentru proba cu grosimea de 1 mm. La frecvență audio și mai ales la frecvență înaltă s-au obținut erori foarte mari și

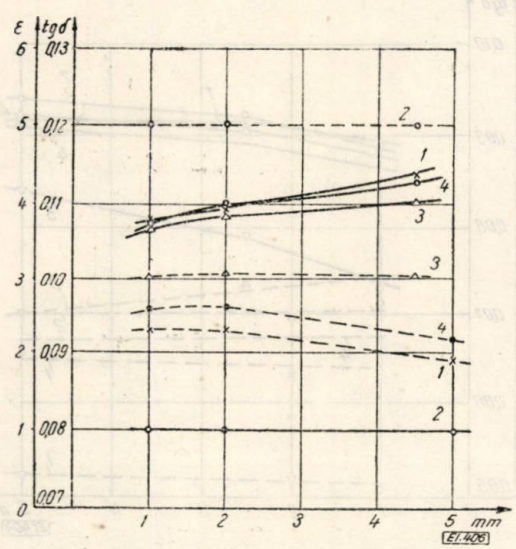


Fig. 4. Variația tangentei unghiului de pierderi și permitivității în funcție de grosimea probei, la 1 MHz :

– – – – tg δ ; ——— ε ; *1* – electrozi argintați ; *2* – electrozi de grafit ; *3* – electrozi din foiță de aluminiu cu ulei siliconic ; *4* – electrozi din foiță de aluminiu cu ulei de transformator.

cu electrozi din grafit, ceea ce se explică prin rezistența mare de contact a acestora.

Trebuie menționate unele observații făcute în timpul încercărilor referitoare la electrozii folosiți. Astfel, în cazul electrozilor obținuți prin descompunere chimică stratul de argint aderă slab și se deteriorează ușor la manipulare. Acest neajuns s-a observat și în cazul altor materiale cu o suprafață netedă, ca polietilena, polistirenul etc. Este de dorit să se folosească suspensii de argint, care să dea un strat cu aderență mai bună.

La aceste materiale este dificil să se facă măsurări cu grafit coloidal, din aceleași considerații, la care se adaugă faptul că grafitul se întinde ușor în afara conturului propus.

În laborator se utilizează adesea electrozi din foiță metalică, lipiți cu ulei siliconic, mai ales la încercări orientative și cînd epruvetele sînt supuse unor cicluri de tratamente la temperatură sau umiditate, cu verificarea proprietăților dielectrice după fiecare ciclu.

În prezent se folosesc, în mod curent, electrozi aderenți de argint obținuți din suspensie.

Concluzii

Din datele experimentale obținute rezultă că nu este corect a se folosi electrozi grei de metal pentru determinarea proprietăților dielectrice, nici chiar la tensiuni ridicate. Folosirea acestor electrozi duce la determinarea tgδ și ε cu erori foarte mari.

La frecvență industrială și tensiuni relativ ridicate de lucru se pot folosi electrozi din grafit, deși folosirea lor este legată de oarecare erori de măsurare. La frecvență înaltă, eroarea fiind foarte mare, se exclude folosirea lor.

Valori apropiate de cele obținute în cazul folosirii electrozilor metalizați din argint se obțin dacă se utilizează electrozi din foiță metalică foarte subțire, lipită cu ulei de transformator și, mai ales, cu ulei siliconic. În al doilea caz, erorile sînt minime chiar la frecvența de 1 MHz.

Bibliografie

[1] GOST 6433-52. Dielectrici solizi. Metode pentru determinarea rigidității dielectrice, a tangentei unghiului de pierderi dielectrice la 50 Hz și rezistivității de volum, cu ajutorul galvanometrului.

[2] GOST 40071-59. Metode de determinare a permitivității și tangentei unghiului de pierderi dielectrice la materiale electroizolante la frecvența 500—1 000 Hz. Metode de încercare.

[3] GOST 9141-59. Materiale electroizolante. Metode pentru determinarea permitivității și tangentei unghiului de pierderi dielectrice la frecvența 1—5 MHz.

[4] VDE 303 T4. Dielektrische Messungen und Isolierstoffen.

[5] ASTM D-150 — 54 T. Tentative methods of Test for A—C Capacitance, dielectric constant, and 10 s caracteristics of electrical insulating materials.

[6] STAS 2740-60. Materiale electroizolante. Metode pentru determinarea permitivității (constantei dielectrice) relative și a tangentei unghiului de pierderi dielectrice.

[7] *Koritki, I. V.* și *Tareev, B. M.* Spravocinik elektroizoliaționih materialov. Moscova, Gosenergoizdat, 1959.

[8] *Renne. V. T.* Elektriceskie kondensatorî. Moscova, Gosenergoizdat, 1960.

[9] *Nanu, A.* Încercarea materialelor electrotehnice. București, Editura tehnică, 1960.

[10] *Popescu, C.* Determinarea pierderilor în materiale electroizolante. Culegere de articole de la prima consfătuire pe țară de materiale electroizolante, din 6—9 apr 1960, Timișoara.

[11] *Hippel, A.* Dielectric materials and applications. Traducere în l. rusă, Moscova, Gosenergoizdat, 1959.

[12] *Kazarnoski, D. M.* și *Tareev, M.* Ispitania elektroizoliaționih materialov. Moscova, Gosenergoizdat, 1963.

Intrat în redacție la 15.IV.1963

RECENZII

CZ 621.3

F. Cahen. Electrotehnica (Électrotechnique). Paris, Gauthier Villars, vol. 1, 1962, 336 pag., vol 2, 1963, 428 pag., cu numeroase figuri şi tabele.

François Cahen este profesor de electrotehnică la Şcoala superioară de electricitate din Paris. Lucrarea publicată de curînd reprezintă cursul predat de F. Cahen, ca urmaş al profesorilor Paul Janet şi Jean Fallou, şi are la bază îndelungata experienţă a autorului în învăţămîntul superior şi în industria electrotehnică franceză.

Problemele de electrotehnică tratate în patru volume au ca obiect proprietăţile şi comportarea circuitelor şi maşinilor electrice. Autorul precizează că foloseşte legile electrostaticii, electrocineticii, electromagnetismului pe care le presupune cunoscute de la cursul de fizică, pentru a expune teorii şi metode de calcul necesare cunoaşterii funcţionării circuitelor şi maşinilor electrice în regim permanent şi tranzitoriu, fără a intra în detalii de proiectare ale diverselor elemente constitutive.

F. Cahen împarte lucrarea sa completă în şapte părţi:

— *prima parte* — Circuite şi reţele cu constante localizate în regim permanent;

— *a doua parte* — Circuite şi reţele cu constante localizate în regim tranzitoriu;

— *a treia parte* — Regimul permanent şi tranzitoriu al liniilor cu constante repartizate;

— *a patra parte* — Teoria filtrelor electrice în regim permanent;

— *a cincea parte* — Maşini de curent continuu;

— *a şasea parte* — Transformatoare;

— *a şaptea parte* — Maşini de curent alternativ.

Primul volum este consacrat studiului circuitelor şi reţelelor cu constante localizate în regim permanent.

Expunerea începe cu o succintă prezentare a sistemelor de unităţi de măsură, indicînd că va fi folosit în lucrare numai sistemul MKSA raţionalizat, ale cărui avantaje sînt relevate în concluziile capitolului, ca de exemplu:

— posibilitatea de a reduce la două (permitivitatea şi permeabilitatea vidului) valorile numerice care trebuie memorate, faţă de numeroşii coeficienţi de transformare care intervin la utilizarea simultană a unităţilor din diferite sisteme;

— raţionalizarea, care nu schimbă întru nimic sensul fizic al relaţiilor, face să dispară factorul 4π din formele cele mai frecvent folosite, în special în domeniul maşinilor electrice.

Urmează prezentarea curenţilor alternativi monofazaţi sinusoidali, cu expunerea metodei reprezentărilor în complex, a legii lui Ohm şi a metodelor de rezolvare a reţelelor liniare: teoremele lui Kirchhoff, principiul superpoziţiei, teorema Thévenin, metodele ochiurilor, respectiv nodurilor independente, teoremele transfigurărilor, ale reciprocităţii. Studiul sistemelor polifazate echilibrate se face în general pentru q faze, urmînd o scurtă particularizare referitoare la sistemul trifazat.

Circuitele tip dipol şi cvadripol pasiv sînt studiate atît analitic, cît şi grafic, cu expunerea diagramelor fundamentale şi a circuitelor echivalente. Totodată autorul prezintă teoria cvadripolului sub formă matricială. Urmează studiul multipolului şi multidipolului pasiv.

Calculul matricial este folosit şi la rezolvarea reţelelor, bazîndu-se fie pe metoda ochiurilor, fie pe metoda nodurilor independente.

Pentru studiul sistemelor polifazate dezechilibrate, autorul foloseşte metoda componentelor simetrice şi sub formă matricială, expune pe scurt componentele α, β, 0 (Clarke) şi S D z (Kimbark) şi aplică metoda componentelor simetrice la calculul curenţilor de scurtcircuit.

Primul volum se încheie cu studiul curenţilor periodici nesinusoidali şi cu calculul circuitelor în regim nesinusoidal.

Al doilea volum este consacrat regimurilor tranzitorii, liniilor şi filtrelor electrice.

În prima parte se expune teoria circuitelor şi a reţelelor cu constante localizate în regim tranzitoriu. Autorul începe cu indicarea metodelor generale de studiu ale acestui regim, atît a metodei algebrice clasice, respectiv cu folosirea reprezentărilor complexe, care îl tratează ca fiind suprapunerea dintre un regim liber şi unul forţat, cît şi a metodei simbolice care tratează regimul tranzitoriu rezultant cu ajutorul transformării Laplace. Urmează numeroase aplicaţii asupra circuitelor simple (LR, CR, LCR) în regim tranzitoriu. Se tratează în continuare rezonanţa şi ferorezonanţa circuitelor şi răspunsul unei reţele la o excitaţie dată. Prima parte se încheie cu studiul succint al stabilităţii servomecanismelor şi regulatoarelor (condiţii şi criterii de stabilitate).

Partea a doua cuprinde studiul liniilor cu constante repartizate în regim permanent şi tranzitoriu, care se referă în special la liniile de transport de energie electrică. Autorul scoate în evidenţă avantajele calculului simbolic la tratarea regimului tranzitoriu al liniilor, care se încheie cu numeroase exemple de regimuri de egalizare şi de unde călătoare.

Partea a treia expune teoria filtrelor electrice în regim parmanent, direct legată de teoria cvadripolilor. Se indică proprietăţile generale ale filtrelor, clasificarea lor, iar descrierea a numeroase structuri de filtre şi elemente de calcul ale lor, completate cu numeroase tabele, încheie volumul al doilea.

Atît în primul, cît şi în al doilea volum al lucrării, autorul expune sub o formă deosebit de clară problemele legate de studiul circuitelor şi reţelelor electrice. Felul în care este grupat materialul şi succesiunea capitolelor înlesnesc urmărirea fără dificultăţi a chestiunilor teoretice şi practice importante. Sînt folosite pentru rezolvarea diferitelor probleme metode matematice moderne, cum sînt metoda simbolică şi metoda matricială, precum şi calcule grafice. De asemenea, cu toate că lucrarea cuprinde mai mult elementele necesare inginerului de „curenţi tari", o serie de teoreme şi de aplicaţii din teoria circuitelor pot servi şi inginerului de „curenţi slabi", autorul fiind preocupat să introducă în cartea sa ultimele evoluţii din direcţia transportului energiei electrice şi al transmisiei de informaţii.

Ar fi fost totuşi bine ca lucrarea publicată să conţină o scurtă expunere a bazelor fizice ale electrotehnicii, cu relaţiile principale de care se foloseşte autorul, chiar dacă în cursul predat nu este necesar să se revină asupra lor. În acest mod unitatea lucrării ar fi fost mai completă.

Totodată este adevărat că F. Cahen, a cărui experienţă îndelungată îl face să cunoască bine atît preocupările actuale, cît şi cele de perspectivă ale industriei electrotehnice, a ales din vastul domeniu al electrotehnicii cele mai importante şi mai acute probleme.

Felul cum a tratat aceste probleme convinge pe cititor că se află în faţa unei cărţi moderne de electrotehnică.

Dacă lucrarea ar fi conţinut o listă bibliografică, cititorul ar fi putut găsi în detaliu unele demonstraţii expuse lapidar. De asemenea, un index de cuvinte ar fi uşurat cercetarea materialului vast prezentat.

CZ 621.313.2.047.2.002/004

D. Lăzăroiu şi Al. Cotta. **Colectoarele maşinilor electrice. Construcţie, întreţinere şi reparare.** Bucureşti, Editura tehnică, 1964, 228 pag., 168 fig.

Autorii lucrării îşi propun să trateze probleme privind întreţinerea şi tehnologia de reparaţie a colectoarelor maşinilor electrice.

Lucrarea se adresează în special personalului tehnic care lucrează în domeniile exploatării şi reparării maşinilor electrice. Ea poate interesa, în egală măsură, pe constructori, proiectanţi, tehnologi şi pe studenţii facultăţilor de electrotehnică.

Deoarece tehnologia de reparaţie a colectoarelor prezintă multe aspecte comune cu tehnologia de fabricaţie a acestora, autorii prezintă mai întîi construcţia şi tehnologiile de fabricaţie a colectoarelor, după care se referă la întreţinerea colectoarelor, defectele care pot apărea în exploatare, găsirea şi remedierea lor, precum şi metodele de încercare.

În primul capitol al lucrării, autorii tratează problemele generale ale funcționării colectoarelor și tipurile constructive. Se arată rolul colectorului în funcționarea mașinilor electrice cu colector și se descriu tipurile constructive de colectoare (colectoare cu coadă de rîndunică, folosite la mașini cu puteri pînă la 100 kW, colectoare strînse cu inele de bandaj, folosite la mașinile mici și mijlocii cu puteri pînă la 100 kW, colectoare în coadă de rîndunică, strînse cu tije filetate, colectoare pentru mașini mari, colectoare speciale, colectoare cu material plastic).

Capitolul doi cuprinde tehnologia de fabricație a colectoarelor, și anume : tehnologia lamelelor conductoare (materiale, prelucrarea, mecanizarea și automatizarea execuției lamelelor), tehnologia lamelelor izolante (rolul, materialele, prelucrarea), tehnologia conurilor izolante (rolul, materialul, execuția, control și unele probleme privind execuția matrițelor pentru presat conuri izolante), prelucrarea pieselor de strîngere (bucșe și butuci, inele conice de presare, piulițe inelare de strîngere, inele de bandaj, izolarea bucșelor), asamblarea colectoarelor (particularități și descrierea asamblării diferitelor tipuri de colectoare, precum și echilibrarea și îmbătrînirea lor).

Capitolul trei tratează montarea colectoarelor pe arborii mașinilor electrice. Se descriu operațiile necesare la montarea colectoarelor pe arborii mașinilor electrice, tragerea și lipirea capetelor de bobine la colectoare, prelucrarea finală a suprafeței de lucru (canelarea, strunjirea și lustruirea) și verificarea stării suprafeței de lucru.

Capitolul patru tratează întreținerea colectoarelor mașinilor electrice în exploatare. După cîteva observații privind întreținerea colectoarelor, se descriu întreținerea periilor și a portperiilor, formarea și conservarea peliculei superficiale de contact la colector, supravegherea funcționării colectoarelor, din punctul de vedere al scînteierii, întreținerea curentă a colectoarelor, verificarea uzurii normale, prelucrarea suprafeței de lucru a colectoarelor în exploatare și strunjirea sub tensiune a colectoarelor mașinilor electrice mari.

Capitolul cinci cuprinde deranjamentele ivite în funcționarea colectoarelor, depistarea și înlăturarea lor. La începutul capitolului se justifică problema reparării colectoarelor și se dau indicații cu privire la dotarea unui atelier de reparații de colectoare, iar în continuare se descriu defectele prezentate pe suprafața de lucru a colectoarelor (cauzele lor, mijloacele de remediere), deformarea suprafeței de lucru (cauzele lor și mijloacele de remediere), defectele de scurtcircuit la colector (cauzele lor și mijloacele de remediere), defecte la materialele utilizate în fabricarea colectoarelor și repararea colectoarelor cu inele de bandaj.

Lucrarea se încheie cu indicarea bibliografici utilizate, care însumează 46 titluri de autori romîni și străini.

Textul este însoțit de numeroase figuri explicative, formule de calcul, grafice și tabele.

Procesele tehnologice descrise sînt la nivelul tehnicii actuale și sînt însoțite de numeroase exemple din țară și străinătate, care pot fi cu succes însușite de personalul tehnico-ingineresc care lucrează în domeniile construcției, proiectării și reparării mașinilor electrice cu colector.

Deoarece în țara noastră producția de mașini electrice cu colector este în plină creștere, atît ca volum, cît și ca număr de sortimente, apariția lucrării „Colectoarele mașinilor electrice" umple un gol în literatura noastră tehnică.

I. Bahrin

E. M. Kozlov. **Mecanizarea lucrărilor de bobinaj și de izolație la fabricarea mașinilor electrice** (Mehanizațiia obmotorno izoliaționnîh rabot pri proizvodstve elektriceschih mașin). Moscova, Gosenergoizdat, 1963, 296 p., 55 ref. bibl.

Este știut că în procesul de fabricație a mașinilor electrice, operațiile de bobinaj și de izolare au o pondere mare atît din punct de vedere cantitativ, cît și calitativ. Există o continuă tendință de mecanizare a acestor operații ; totuși chiar și în uzinele moderne de mașini electrice o bună parte din aceste operații se execută manual. De pildă, la uzinele cu profiluri de fabricație de mașini electrice pînă la 200 kW, operațiile manuale se ridică la 60—70% din manopera lucrărilor de bobinaj și izolare, acestea fiind circa 70% din manopera totală.

Lucrarea lui E. M. Kozlov se bazează pe experiența fabricilor constructoare de mașini electrice din U.R.S.S. și pe literatura de specialitate din Occident. În carte se prezintă procesele tehnologice de fabricare a bobinajelor rotoarelor ale mașinilor electrice de curent continuu pentru tracțiune și pentru macarale electrice, de bare rotorice și bobinaje statorice pentru mașinile de curent alternativ și la fel bobinajele pentru polii principali și auxiliari.

În primul capitol autorul trece în revistă materialele de bobinaj, de izolație și de impregnare folosite în construcția mașinilor de curent continuu și de curent alternativ cu puteri pînă la 200 kW. Această trecere în revistă este legată de posibilitățile de mecanizare a lucrărilor de izolație și bobinaj. O atenție deosebită se dă conductoarelor de bobinaj, unde principala dificultate a mecanizării o constituie calitatea slabă a emailului.

Materialele electroizolante studiate sînt : benzile din bumbac, preșpanul, izolația din azbest, benzile lăcuite, micabanda materialele pe bază de mică, benzile și materialele pe bază de rășini siliconice și în sfîrșit materiale speciale de crestătură. Materialele de impregnare folosite sînt clasificate de autor în șapte categorii distincte, și anume : bitumuri și compounduri, emailuri de acoperire siliconice, lacuri adezive siliconice, lacuri de impregnare siliconice, la fel compounduri de impregnare siliconice și lacuri de impregnare emulsionabile în apă. Sînt interesante concluziile la acest capitol. Principala dificultate a mecanizării operațiilor de bobinaj și izolație o constituie calitatea slabă a materialelor izolante și, în special, rigiditatea mecanică insuficientă la unele materiale. Această problemă trebuie privită și sub aspectul siguranței funcționării mașinilor în exploatare. Autorul consideră că la introducerea unor noi materiale izolante în construcția mașinilor electrice, o cerință principală trebuie să fie posibilitatea folosirii lor în dispozitive, mașini și agregate cu grad ridicat de mecanizare și chiar de automatizare.

Cel de-al doilea capitol tratează problema mecanizării fabricației bobinajelor rotorice și statorice ale mașinilor electrice de curent continuu și alternativ. Este vorba, în primul rînd, de bobinajele rotorice și statorice de curent alternativ. Aici se prezintă un agregat pentru introducerea bobinajelor în crestătură. Productivitatea acestui agregat este de 120 statoare de gabaritul *3*, pe schimb. Le fel se prezintă o linie semiautomatizată pentru bobinarea și impregnarea statoarelor electromotoarelor serie unitară de gabaritul *1*, în construcții cu patru și șase poli. Această linie se compune din utilajul automatizat și sistemul de transport. Agregatul component al liniei de uscare și impregnare este proiectat pentru folosirea lacurilor siliconice prin metoda stropirii și utilizează încălzirea prin inducție, necesitînd pentru întreg ciclul de uscare și impregnare nu mai mult de 12—15 min. Productivitatea acestui agregat este calculată pentru 40 000 statoare pe an. În două paragrafe se prezintă utilajele mecanizate de bobinaj pentru mașinile de curent continuu și alternativ. Un paragraf special se ocupă de tehnologia fabricației barelor rotorice și statorice pentru mașinile de curent alternativ.

Problema mecanizării fabricației bobinelor polare ale motoarelor de curent continuu pentru tracțiune și macarale este tratată în cel de-al treilea capitol.

Ultimul capitol (al patrulea) se ocupă de mecanizarea fabricației pieselor izolante. Este vorba în primul rînd de manșetele de colector pentru mașinile de gabarite mijlocii. La fel, de elementele de portperii pentru mașinile de curent continuu și de curent alternativ. Într-un paragraf special se prezintă utilajele pentru mecanizarea fabricației de izolații presate, tuburi și cilindri izolanți. Lucrarea reușește să sintetizeze experiența principalelor fabrici constructoare de mașini electrice din U.R.S.S. și la fel a publicațiilor de specialitate din străinătate. De asemenea, este bogat ilustrată cu schițele și fotografiile utilajelor de care este vorba în lucrare.

Considerăm că această carte este de mare folos pentru inginerii și tehnicienii din fabricile noastre constructoare de mașini electrice.

A. Bercu

CZ 621.319.45 (021)

A. N. Zakheim. **Condensatoare electrolitice** (Elektroliticeskih kondensatori). Moscova, Gosenergoizdat, 1963, 284 p., 107 ref. bibl.

Condensatoarele electrolitice sînt elemente principale în construcţiile echipamentului electronic şi electrotehnic. În lucrarea de bază a lui V. T. Renne (Condensatoare electrice), pe lîngă celelalte tipuri de condensatoare se tratează şi condensatoarele electrolitice. În ultima vreme însă în literatura tehnică mondială nu a apărut o carte care să se ocupe în special de aceste condensatoare, astfel că lucrarea lui A. N. Zakheim, specialist în domeniul condensatoarelor din U.R.S.S., este binevenită.

Autorul împarte lucrarea în cinci părţi, şi anume : studiul stratului de oxid ; bazele calculului condensatoarelor electrolitice ; construcţia condensatoarelor electrolitice din aluminiu ; construcţia condensatoarelor din tantal şi principalele caracteristici şi metodele de încercare ale condensatoarelor.

Prima parte se ocupă de structură şi, în general, de studiul electrofizic al stratului de oxid. Este vorba de studiul permitivităţii relative şi al intensităţii cîmpului electric de strîngere a stratului de oxid . La fel este studiată conductibilitatea electronică a straturilor subţiri oxidice. Un capitol special se ocupă de problema acţiunii redresoare a acestor straturi.

Cea de-a doua parte a lucrării se ocupă de bazele calculului condensatoarelor electrolitice. Se referă atît la condensatoarele cu dielectricul lichid, cît şi la cele cu dielectricul uscat. O importanţă deosebită se dă indicilor tehnico-economici ai condensatoarelor, în acest sens prezentîndu-se metodica de calcul axată pe îmbinarea elementelor tehnico-economice. Aici se prezintă în mod comparativ gradienţii de potenţial folosiţi în diferite construcţii de condensatoare. Dacă la condensatoarele cu dielectricul din hîrtie impregnată cu materiale nepolare, gradientul de potenţial este de circa 16 kV/mm, la cele electrolitice ajunge pînă la 500 kV/mm. În schimb, constanta dielectrică la condensatoarele electrolitice este de 10 la construcţiile din aluminiu şi de 27 la cele cu tantal. Se prezintă foarte detaliat normele străine şi sovietice cu privire la caracteristicile principale pentru condensatoarele electrolitice de construcţii moderne. Pentru calculul capacităţii şi tangenta unghiului de pierdere se folosesc scheme echivalente cu conectarea capacităţii stratului de oxid, rezistenţei echivalente a pierderilor dielectrice în stratul de oxid şi a rezistenţei suportului impregnat în electrolit. Aceste scheme uşurează mult calculul, fiind ilustrate prin numeroase exemple. În mod experimental este prezentat studiul variaţiei capacităţii şi tangenta unghiului de pierderi în funcţie de temperatură şi frecvenţă.

Calculul termic al condensatoarelor electrolitice prezintă probleme dificile şi de aceea autorul acordă acestei probleme un spaţiu corespunzător.

Partea a treia a lucrării se ocupă de construcţiile propriu-zise ale condensatoarelor electrolitice. Materiile prime sînt prezentate, în special, prin prisma controlului lor cu metode rapide în fabricaţie. În continuare, autorul tratează problema curăţării şi măririi suprafeţei anozilor. Acest din urmă proces tehnologic, avînd influenţă deosebită asupra caracteristicilor electrice ale condensatoarelor, autorul prezintă cîteva relaţii empirice deduse din activitatea sa experimentală.

Preformarea şi prima formare a anozilor sînt studiate atît în curent continuu, cît şi în curent alternativ. Principalele probleme tehnologice legate de bobinajul şi montarea secţiunilor sînt tratate într-un capitol special. Ultimul capitol al acestei părţi se ocupă de construcţiile moderne de condensatoare electrolitice cu aluminiu.

Condensatoarele moderne cu tantal cu indici tehnico-economici foarte ridicaţi sînt tratate în partea a patra a lucrării. Ca şi în partea anterioară, se tratează pe larg problemele tehnologice moderne cu bogate referinţe din literatura mondială de specialitate.

Autorul a lăsat la sfîrşit studiul caracteristicilor principale ale condensatoarelor electrolitice, pentru a-i da un caracter de sinteză. Aici este vorba de studiul curenţilor, de conductibilitate, rezistenţa izolaţiei, capacităţii şi tangentei unghiului de pierderi. O problemă foarte importantă este considerată stabilirea duratei de viaţă a condensatoarelor.

În ultimul capitol al lucrării se ocupă de metodele de încercare a condensatoarelor electrolitice, tratîndu-se atît încercările din fabricaţie, cît şi cele din exploatare.

Lucrarea are atît un caracter monografic, prin prezentarea pe larg a construcţiilor moderne şi a tendinţelor din tehnica mondială, cît şi un caracter tehnologic, prin descrierea detaliată a proceselor de lucru.

Cartea este de un real folos atît inginerilor şi tehnicienilor din industria de condensatoare electrolitice, cît şi, în general, celor care se ocupă cu folosirea şi exploatarea lor. Lucrarea are un nivel mediu şi este foarte clar scrisă.

A. Bercu

CZ 621.372.41.011.1.001.24 : 53+62

Kron G. **Diakoptics.** Londra, Macdonald, 1963, 166 pag.

Cartea reprezintă o colecţie a unei serii de 21 articole apărute în Electrical Journal de la 7 iunie 1957 pînă în februarie 1959.

Prin diacoptică (kopto înseamnă a secţiona şi dia este un prefix care întăreşte cuvîntul care urmează şi care poate fi interpretat ca sistem) se înţelege metoda de rezolvare în părţi sau porţiuni mai mici a sistemelor complexe. Deşi aplicată iniţial problemelor electrotehnicii, s-ar putea spune că diacoptica s-a născut din încercarea de a rezolva problemele complexe ale electrotehnicii maşinilor şi reţelelor ; diacoptica reprezintă în cartea care face obiectul prezentei recenzii o introducere la o inginerie universală, autorul străduindu-se tocmai de a ilustra aplicaţia diacopticei la probleme ca : difuziunea neutronilor într-un sector nuclear, probleme de transport care se rezolvă prin programare liniară (se arată modul de optimizare a programării liniare), rezolvarea diferitelor structuri mecanice (grinzi elastice, palete ale turbinelor cu abur, structuri neliniare plastice, modelul cîmpului elastic etc.), determinarea valorilor proprii, rezolvarea ecuaţiilor diferenţiale şi cu derivate parţiale, stabilirea modelelor moleculelor poliatomice şi altele.

Ceea ce este interesant de relevat este faptul că în această gamă extrem de largă de aplicaţii, autorul foloseşte în fond metoda sa generalizată de rezolvare a unei maşini sau reţele electrice şi terminologia sa fundamentală este electrică, un rol important jucîndu-l legile lui Ohm şi Kirchhoff, aplicaţia calculului tensorial şi a unui model topologic al sistemului care trebuie rezolvat. Topologia aplicată teoriei reţelelor electrice are două aspecte. Aspectul elementar şi mai răspîndit se bazează pe aplicaţia matricei de incidenţă. Nivelul superior, mai dificil, se bazează pe teoria omologiei şi coomologiei complexelor liniare (mono) sau pluridimensionale. În diacoptică, ca de altfel în toată opera sa, Kron pleacă de la nivelul superior al topologiei pentru motive care le-a expus mai explicit de-abia în ultimul timp [1], [2], [3].

Diacoptica se caracterizează nu numai prin faptul că preconizează o secţionare a sistemului (secţionarea şi operaţia inversă de interconexiune sînt considerate ca aparţinînd aceluiaşi grup de transformare), dar în special prin faptul că asociază sistemului de ecuaţii care descriu fenomenul un graf topologic care permite o simplificare a rezolvării ecuaţiilor. Dacă pentru rezolvarea reţelelor electrice s-au folosit grafuri liniare (monodimensionale), iar pentru rezolvarea maşinilor electrice grafuri planare (bidimensionale), în cadrul diacopticei se preconizează utilizarea unor reţele K-dimensionale formînd poliedre. Modelul multidimensional asociat unui fenomen complex se numeşte filtru al unui spaţiu multidimensional.

Aplicaţia poliedrelor şi filtrelor este o problemă de viitor, dar autorul a arătat cîteva explicaţii atît în carte, cît şi într-o serie de articole, spre exemplu generalizarea calculului cu diferenţe finite [4].

În concluzie, ultima carte a lui Kron este o sinteză generalizatoare care nu poate fi desprinsă şi înţeleasă separat de opera sa anterioară. Nu se poate, de asemenea, spune că această carte poate fi citită cu uşurinţă şi că nu implică un bagaj important de cunoştinţe matematice, conţinutul ei reprezintă totuşi mai mult decît imaginaţia unui vizionar care a depăşit viziunea contemporanilor, reprezentînd acel izomorfism al diferitelor ramuri ale tehnicii pe

care ştiinţa matematică modernă şi în special metodele automate de calcul numeric se grăbesc să-l facă efectiv pentru a da rezultate în practică.

Bibliografie

[1] În: Trans. AIEE, Part. I (Communications and Electronics), sept 1962.
[2] În: Quart. appl. Mathematics, iul 1962.
[3] În: Tensor (Japonia), 1962.
[4] În: Trans. AIEE, Part. I (Communications and Electronics), sept 1958.

A. Rothman

CZ 62 : 331.8 (498)

C. Tuzu. **Industria socialistă — temelia economiei R.P.R.** Bucureşti, Editura politică, 1964.

Cu prilejul sărbătoririi împlinirii a două decenii de la eliberarea patriei, literatura noastră economică s-a îmbogăţit cu numeroase lucrări de o deosebită valoare, printre care se numără şi cartea „Industria socialistă — temelia economiei R.P.R.", de C. Tuzu.

Întocmită pe baza unui bogat material documentar, cartea prezintă, într-o formă accesibilă şi atrăgătoare, aspectele complexe, multilaterale ale procesului de dezvoltare şi de consolidare continuă a economiei noastre naţionale între anii 1944 şi 1964.

În primul capitol — Industrializarea socialistă — linia generală de dezvoltare economică a R.P.R. — se subliniază marea însemnătate a învăţăturii marxist-leniniste privind construirea economiei socialiste, caracterul ştiinţific care stă la baza politicii P.M.R. de industrializare socialistă a ţării, modul cum se realizează conducerea planificată a economiei naţionale, ca urmare a folosirii cu înţelepciune şi fermitate a legilor obiective de dezvoltare a societăţii.

Continuarea procesului de industrializare pornind de la necesitatea obiectivă a însemnat şi înseamnă veriga hotărîtoare în crearea şi dezvoltarea bazei tehnico-materiale a socialismului, în desăvîrşirea construirii socialismului în ţara noastră. De asemenea, se scoate în evidenţă situaţia grea a Rominiei în anii stăpînirii burgheziei şi moşierimii, situaţie a unei ţări înrobite capitalului străin, cu o industrie slab dezvoltată, anarhică, care nu permitea valorificarea imenselor bogăţii ale ţării, situaţie a unei ţări în care poporul muncitor trăia în cea mai neagră mizerie. Cu totul alta este situaţia astăzi, în anii puterii populare, cînd puternicul avînt al industriei asigură crearea condiţiilor dezvoltării armonioase şi impetuoase a întregii economii naţionale.

În capitolul al doilea — Dezvoltarea cu precădere a industriei grele, cu pivotul ei industria constructoare de maşini — se prezintă diferitele ramuri ale industriei.

Lucrarea subliniază faptul că industrializarea socialistă înseamnă, în primul rînd, dezvoltarea industriei energetice, a industriei chimice, a celei producătoare de metal, industria petrolului, a cărbunelui, a materialelor de construcţie şi cu deosebire a industriei constructoare de maşini — pivotul industriei grele — cu subramurile ei, care are sarcina să asigure introducerea tehnicii noi în economia naţională şi reutilarea tuturor ramurilor cu maşini, utilaje, mecanisme, aparatură, la nivelul tehnicii mondiale.

Se evidenţiază mai ales ritmul înalt de creştere a producţiei şi îmbogăţirea de la an la an a sortimentelor de produse, ca urmare a importantelor investiţii făcute, intrarea în funcţiune a noi şi numeroase obiective industriale, modernizarea producţiei şi creşterea productivităţii muncii.

În acest capitol se arată pe larg dezvoltarea tinerei noastre industrii electrotehnice, care, prin realizările de seamă obţinute în aceşti ani, a adus şi aduce o contribuţie preţioasă la creşterea puterii industriale a R.P.R. Nivelul atins în prezent de industria electrotehnică este o confirmare convingătoare a caracterului realist, ştiinţific al planurilor elaborate de partid cu privire la industrializarea socialistă a ţării noastre, a superiorităţii economiei socialiste, a capacităţii ei de a valorifica uriaşele bogăţii naturale ale ţării. Industria electrotehnică constituie astăzi un factor important capabil să ducă la îndeplinire sarcinile mari ce-i revin în direcţia înzestrării economiei noastre naţionale cu echipament electrotehnic de un înalt nivel tehnic.

Capitolul al treilea, — Progresul multilateral al industriei — temelia dezvoltării complexe şi echilibrate a economiei noastre naţionale —, cuprinde probleme de o mare însemnătate, ca: introducerea progresului tehnic în toate ramurile economiei naţionale; activitatea de cercetare tehnico-ştiinţifică — contribuţia acesteia la perfecţionarea continuă a producţiei; valorificarea superioară a resurselor naturale ale ţării; dezvoltarea industriei şi creşterea rolului conducător al clasei muncitoare; politica ştiinţifică a partidului — factor mobilizator în lupta pentru realizarea sarcinilor construcţiei socialiste; creşterea venitului naţional şi a acumulărilor băneşti, ridicarea neîntreruptă a nivelului de trai material şi cultural al oamenilor muncii; creşterea prestigiului R.P.R. peste hotare; de asemenea el întregeşte imaginea minunată a economiei ţării noastre, amarilor realizări obţinute de poporul muncitor sub îndrumarea partidului în anii puterii populare.

Însoţită de numeroase fotografii şi tabele sintetice, lucrarea „Industria socialistă — temelia economiei R.P.R." este o lucrare valoroasă şi aduce o contribuţie de seamă la cunoaşterea şi popularizarea marilor înfăptuiri în opera de construire şi de desăvîrşire a socialismului în R.P.R. şi se adresează celor mai largi mase de cititori. Lucrarea contribuie la răspîndirea de cunoştinţe însemnate, la întărirea sentimentului de mîndrie patriotică, a avîntului în munca oamenilor muncii din ţara noastră.

REFERATE

CZ 621.313 *Maşini electrice*

CZ 621.313.3. 026.45 (47)

Kostenko, M. P. **Lucrările Institutului de electromecanică în domeniul maşinilor electrice de mare putere** (Roboti Instituta Elektromehaniki v oblasti krupnovo elektromaşinîstroienie). In: Elektrotehnika **35**, nr. 1, 1964, p. 16—18.

Activitatea de cercetare legată de realizarea maşinilor electrice mari (turbo-şi hidrogeneratoare) cu puteri pe unitate pînă la 500—800 MW este dirijată în următoarele direcţii: a) alegerea sistemelor optime de răcire; b) studiul proceselor electromagnetice în regimurile normale şi anormale; c) studiul şi determinarea pierderilor maşinilor; d) stabilirea regimurilor optime de funcţionare; e) studiul rigidităţii mecanice şi al rezistenţei la vibraţii a elementelor constructive ale maşinilor; f) elaborarea şi stabilirea tehnologiei de folosire a noilor materiale active şi îndeosebi a materialelor electroizolante de clase termice ridicate.

O atenţie deosebită se dă problemei reglajului şi se prezintă o serie de realizări în acest domeniu. Articolul arată linia de cercetare a Institutului de electromecanică din U.R.S.S. şi problemele legate de coordonarea activităţii de cercetare a altor institute şi uzine mari constructoare de maşini electrice.

A.B.

CZ 621.313.32.045.1 : 621.315.53

Neiman, Z. B. **Maşini sincrone cu bobinaje de excitaţie din aluminiu** (Sinkronе maşinî s aluminievîmi obmotkami vozbujdemia). În: Elektrotehnika **35**, nr. 1, 1964, p. 26—28, 2 fig., 3 ref. bibl.

Problema înlocuirii cuprului cu aluminiu este de mare actualitate în domeniul maşinilor electrice. La această înlocuire, în bobinajele de excitaţie ale maşinilor sincrone trebuie să se ţină seamă de următoarele: a) parametrii electrici, consumul de materiale active şi gabaritele maşinii trebuie păstrate; b) trebuie asigurată rigiditatea mecanică a bobi-

najelor din aluminiu în rotoare şi c) de justificat din punct de vedere tehnico-economic această înlocuire. Cercetările efectuate au arătat că bobinajele de excitaţie din aluminiu au aceeaşi rigiditate mecanică la fel ca cele din cupru şi deci nu necesită elemente constructive în plus. În scopul folosirii calităţilor electrice ale peliculei de oxid de aluminiu se propun cercetări pentru realizarea unei izolaţii între straturi executate cu această metodă.

A.B.

CZ 621.313.333

Krzyminski, L. **Probleme acustice referitoare la dezvoltarea motoarelor de gabaritul 5 din seria unitară de motoare asincrone în Polonia** (Akustische Probleme bei der Entwicklung von Asynchronmotoren der Grösse 5 der neuen Reihe in Polen). În : Elektrie **18**, nr. 6, iunie 1964, p. 166—170, 12 fig.

Dezvoltarea unei noi serii unitare de motoare, pe lîngă problema principală a folosirii materialelor în aşa fel încît să scadă raportul dintre volum (greutate) şi putere, aduce în primul plan şi alte chestiuni, ca de pildă problemele vibraţiilor şi ale zgomotului, atît din punctul de vedere al pierderilor şi duratei de viaţă, cît şi din punctul de vedere al combaterii zgomotului. În articol se relatează cercetările şi controlul experimental al zgomotelor magnetice la motoarele asincrone de gabaritul 5, cu patru şi cu şase poli, cu rotorul în scurtcircuit, în vederea confirmării corespunderii între prevederile teoretice şi rezultatele practice. Măsurările s-au făcut cu un spectrometru de frecvenţă Bruel & Kjaer typ 2311, din şapte puncte simetric aşezate, la 1 m în jurul motorului examinat. Presiunea acustică totală s-a obţinut din valoarea medie din şapte măsurări. Analiza frecvenţelor s-a făcut numai într-unul dintre cele şapte puncte. Pentru măsurarea curbelor de accelerare s-a folosit un detector de vibraţii piezoelectric. S-au ridicat curbele de variaţie a intensităţii sunetului în sarcină, la mers în gol şi cu motorul antrenat.

S-a studiat producerea zgomotelor magnetice prin interferenţa frecvenţelor proprii de crestături ale statorului şi rotorului. Pentru verificarea cuplurilor parazite (antagoniste) se arată şi cîteva oscilograme ale variaţiei în funcţie de timp, la pornire, a diferenţei dintre cuplul activ al motorului şi cuplul rezistent. Studiul ţine seamă, experimental, şi de înclinarea crestăturilor. Pentru încercarea înlăturării zgomotului magnetic prin neînclinarea crestăturilor, s-a întrebuinţat un rotor cu crestături neînclinate, dar cu un inel de scurtcircuitare la jumătatea pachetului şi o deplasare cu o jumătate de pas de crestătură între crestăturile celor două jumătăţi. Ultimele două oscilograme arată cît de dăunătoare este înclinarea crestăturilor.

H.A.

CZ 621.313.333.2.045.56 : 621.315.53

Kravcik, E. D. **Electromotoare asincrone cu bobinaje de aluminiu** (Asinhronnie drugateli vsipnoi aluminiuvoi obmotkoi statora). În : Elektrotehnika **35**, nr. 1, 1964, p. 36—37, 1 tab.

Pentru maşinile electrice asincrone de gabaritul 9 se pune problema înlocuirii cuprului cu aluminiu, fără scăderea puterii şi cu păstrarea geometriei şi a dimensiunilor miezurilor magnetice. Acest lucru s-a realizat prin următoarele măsuri :

— s-au înlocuit conductorii, micşorîndu-se grosimea izolaţiei ;

— s-a mărit coeficientul de umplere de la 0,68 la 0,78 ;

— s-a micşorat într-o anumită măsură numărul de spire pe fază.

Se prezintă tabela cu caracteristicile seriei de maşini asincrone cu bobinaje din aluminiu. Se observă că factorul de putere şi caracteristicile de pornire sînt, practic, egale cu ale motoarelor cu bobinaje din cupru. În continuare se pune problema realizării unei serii unitare de maşini asincrone cu puterile între 0,6 şi 100 kW, numai în construcţie cu aluminiu, atît pentru bobinajele rotorice, cît şi pentru cele statorice. Experienţa altor ţări (R.D.G şi R.S.C.) a arătat că maşinile asincrone cu bobinaje din aluminiu au o suficientă siguranţă în exploatare.

A.B.

CZ 621.314.2 *Transformatoare*

CZ 631.314.24 : 621.315.53 (73)

All-Aluminium Coil Transformer Developed. Elaborarea de înfăşurări din aluminiu pur pentru transformatoare. În : Electr. Wld., vol. **161**, nr. 9, martie 1964, p. 38, 2 fig.

Noul transformator de distribuţie realizat are înfăşurarea de înaltă tensiune din conductori de aluminiu emailat, iar înfăşurarea de joasă tensiune din bandă de aluminiu izolată cu un film de epoxi. Înălţimea benzii conductorului înfăşurării de joasă tensiune este egală cu aceea a înfăşurării de înaltă tensiune. Se asigură astfel stabilitatea completă la scurtcircuit, solenaţiile fiind, practic, egale în orice punct de pe axa transformatorului. Strîngerea axială este inutilă cu toate că la noua serie a fost micşorată tensiunea de scurtcircuit. Cantităţile reduse de izolaţie au făcut inutile canalele de răcire. Datorită dispoziţiei speciale a spirelor în ambele înfăşurări a fost eliminată distribuţia neliniară a tensiunilor de impuls între elementele aceleiaşi bobine. Exemplare din noul tip de transformator funcţionează deja în exploatare. Se prevede ca, începînd cu anul 1965, întreaga producţie de transformatoare a firmei Poster să se realizeze pe noul tip constructiv.

C.T.

CZ 621.314.212.027.300.2.237

Schmidt, St., Fiedler, A. **Uscarea în vid a unui autotransformator monofazic de 400/231 kV cu o putere de 210 MVA** (Vakuumtrocknung eines 400/231 kV Einphasenspartransformators mit 210 MVA Durchgangsleistung). În : Elektrie, nr. 3, martie 1964, p. 91—95, 2 fig. 6 grafice.

Autorul demonstrează într-un grafic creşterea factorului de pierderi şi scăderea tensiunii de străpungere în funcţie de conţinutul de apă al hîrtiei izolante la transformatoare. Viteza de îmbătrînire creşte şi ea proporţional cu conţinutul de apă al hîrtiei izolatoare. După o scurtă discuţie privind restul de gaze neevacuate şi care se amestecă cu uleiul din transformator, urmează descrierea dispoziţiei pentru uscarea în vid. Este vorba de un cuptor (5,10 × 10,5 m), în care încape un transformator pînă la mărimea profilului de cale ferată. Încălzirea se efectuează atît prin ţevi cu abur, cît şi prin încălzirea spirelor pe cale electrică prin mijlocirea unui redresor. Diferite pompe evacuează aerul umed, ultima fază fiind formată de pompele „Roat". Într-un grafic sînt reprezentate temperatura şi creşterea vidului în funcţie de timpul evacuării în dispozitivul de măsurat.

Alte două grafice redau în timpul uscării transformatorului, temperatura, evoluţia uscării, cum şi factorul de pierderi tg δ la izolaţia continuă şi la cea divizată. Este descrisă pe scurt operaţia tehnologică (încălzire şi aspiraţie), care durează circa 10 zile.

În sfîrşit, într-un ultim grafic sînt redate umiditatea hîrtiei izolante şi presiunea aburului în funcţie de temperatură. După cîteva observaţii practice de respectat în timpul probei (în privinţa izolaţiei de rezistenţă a factorului de pierderi etc.), autorul încheie cu indicaţia că după uscare rămîne în transformator un rest de umezeală (0,1...0,2% din masa de hîrtie) şi că uleiul de impregnare trebuie degazificat pînă la > 0,1% din volumul său.

G.C.

CZ 621.315.6 *Izolanţi*

CZ 621.315.615.015.51

Lipstein, R. A. **Dezvoltarea noţiunii de străpungere a dielectricilor lichizi folosiţi în electrotehnică** (Razvitie polojeinia probaia tehniceschih jidchih dielektrikov). În : Elektrotehnika **35**, nr. 3, 1964, p. 15—18, 4 fig., 2 tab., 4 ref. bibl.

Pentru explicarea mecanismului de străpungere a dielectricilor lichizi care conţin impurităţi s-au emis diferite teorii. În articol se prezintă un material experimental care tinde să aducă unele contribuţii la noţiunea de străpungere termică.

În primul rînd se studiază influenţa apei. Se arată că, în special, prezenţa apei sub formă de emulsie duce la scăderea bruscă a tensiunii de străpungere şi la creşterea conductibilităţii electrice. Prezenţa nămolului în uleiurile minerale este cauza conductibilităţii electroferitice. În continuare, se prezintă rezultatele experimentărilor în această direcţie. În procesele de îmbătrînire a uleiurilor se formează cantităţi apreciabile de acizi, alcooli şi alte produse de oxidare.

Pentru studiu s-au folosit diferiţi alcooli: metilic, etilic, butilic şi, de asemenea, acizi diverşi. Rezultatele experimentărilor au arătat că în intervalul de tensiuni la care s-a lucrat, elementele menţionate nu au influenţat asupra rigidităţii dielectrice şi a conductibilităţii electrice.

În sfîrşit, se prezintă sub formă de diagrame şi tabele rezultatele experimentărilor specificate.

A.B.

CZ 621.315.615.2.001.5

Dsuvarii, C. M. **Cu privire la îmbunătăţirea calităţii uleiurilor de transformator din ţiţeiurile de Baku** (Obulucisenii kacestve transformatornih masel iz Bakinskovo seria). În: Elektrotehnika **35**, nr. 2, 1964, p. 33—36, 4 tab., 1 fig., 3 ref. bibl.

Se prezintă căile care au dus la îmbunătăţirea calităţii uleiurilor de transformatoare fabricate pe baza ţiţeiului din Baku. Principala metodă constă în folosirea filtrării prin absorbţie. Această metodă constă în contactarea continuă a uleiului de transformator cu materialul absorbant. Ca absorbant se folosesc silicaţi de aluminiu. În lucrare se compară rezultatele obţinute asupra uleiului fabricat prin metoda clasică (filtrare cu acid sulfuric) şi noua metodă preconizată.

Caracteristicile dielectrice ale noii metode sînt superioare. Variaţia tg δ în funcţie de temperatură arată că, pentru uleiul nou, pînă la 100°C tg δ rămîne, practic, constantă, pe cîtă vreme la uleiul vechi, creşte pînă la 3×10^{-2}.

În concluzie se arată că noua metodă este mai eficientă şi duce la caracteristici dielectrice superioare.

A.B.

CZ 621.315.212.001.8

Grodnev, I. I. **Cablu coaxial de gabarit mic** (Malogabaritnîi kvaksialnîi kabeli). În: Electrotehnika **35**, nr. 3, 1964, p. 46—47, 1 fig., 1 tab.

Se prezintă un nou tip de cablu coaxial pentru plaja de frecvenţe de 60—1 500 kHz. Cablul se compune din patru circuite coaxiale, cinci circuite de deservire şi un conductor de control. Izolaţia de bază a cablurilor coaxiale este realizată cu benzi din policlorură de vinil. Mantaua de protecţie este formată din două straturi: cel inferior, din polietilenă cu grosimea de 1,6 mm, asigură protecţia la umiditatea cablului, iar cel superior, cu grosimea de 2,0 mm, protejează cablul din punct de vedere mecanic. Rezistenţa izolaţiei cablului este mai mare decît norma admisibilă, de respectiv 10^4 MΩ km. Cablul a suportat încercarea la străpungere, la tensiunea de 2 000 V, 50 Hz, timp de 2 min. Pentru uniformizarea cîmpului electric pe cablu se preconizează înfăşurarea unei benzi de cupru cu toleranţe pe lăţime de ± 0,1 mm şi pe grosime de ± 0,01 mm, avînd suprafaţă lucioasă uniformă. Se prezintă o secţiune prin cablu cu dimensiunile elementelor conductoare şi de izolaţie şi rezultatele complete ale încercărilor electrice.

A.B.

CZ 621.318 *Materiale magnetice*

CZ 621.318.1.042.1

Beer, F. **Despre influenţa grosimii tablei şi a izolaţiei suprafeţei asupra inducţiei şi pierderilor la inversarea sensului de magnetizare în simburii magneţilor de curent alternativ** (Über den Einfluss der Blechdicke und der Oberflächenisolierung auf die Induktion und die Ummagnetisierungsverluste in Wechselstrommagnetkernen). În: Elektrie, nr. 3, martie 1964, p. 83—86, 1 fig., 5 diagrame.

Pentru producerea simburilor la magneţii de curent alternativ se utilizează — în scopul rentabilităţii la operaţia de ştanţare — tole puţine dar groase. Aceste tole groase măresc însă curenţii turbionari şi reduc astfel inducţia în simburii magnetici. În acelaşi sens se manifestă şi izolarea necorespunzătoare a suprafeţei.

În articolul de faţă, autorul arată cum scade inducţia la grosimi mai mari de tole şi la izolări necorespunzătoare. Se deduce o relaţie între inducţie şi grosimea tolei, demonstrîndu-se în acelaşi timp influenţa izolaţiei de suprafaţă asupra inducţiei. Pentru pierderile provenite din inversarea magnetizării se indică de asemenea influenţa grosimii tolei şi a izolaţiei de suprafaţă.

Experienţele se execută cu simburi inelari înfăşuraţi în bobina de magnetizare.

În diferite diagrame sînt redate rezultatele experienţelor care confirmă demonstraţiile de la începutul articolului. Astfel, două diagrame ($B = f(d)$ (d fiind grosimea tolei) conţin experienţa cu diferite tole izolate sau neizolate, iar alte două diagrame arată relaţia dintre grosimea tolei şi pierderile de inversare a magnetizării.

Se trag următoarele concluzii:

1. scăderea inducţiei din cauza grosimii tolei, cum şi scăderea conductibilităţii electrice la tolele cu conţinut ridicat de siliciu, sînt reduse;

2. la tolele cu conţinut redus de siliciu (cu conductibilitate electrică ridicată), scăderea inducţiei, datorită grosimii tolelor, este considerabilă.

Ca urmare a concluziilor urmează cîteva indicaţii privind construcţia economică a simburilor de magneţi pentru curent alternativ.

Gh. C.

CZ 621.318.11.002.2

Walker, J. H. şi Jackson, R. L. **Presarea şi împachetarea miezurilor din tole** (Pressing and clamping laminated cores). In: Proc. Inst. electr. Engrs. **111**, nr. 3, martie 1964, p. 565—577, 19 fig.

S-au efectuat încercări asupra pachetelor de tole pentru a se determina relaţia dintre deflexia axială şi presiunea axială aplicată p. Acestea au arătat că mărirea strîngerii scade o dată cu creşterea lui p dincolo de 2,8 kg/cm². La această presiune un pachet este bine strîns cu condiţia ca presiunea să fie uniformă în toate punctele pachetului şi să nu scadă cu timpul. Cercetări teoretice arată că raportul p poate fi calculat în funcţie de relieful microscopic al suprafeţei tolelor. Se insistă asupra efectului distanţorilor, în special în dreptul dinţilor.

Variaţiile în grosime ale tolelor admise de standardele britanice ar face obţinerea unor pachete de tole bine strînse aproape imposibilă. Situaţia a fost îmbunătăţită de fabricarea tolelor laminate la rece, care, deşi sînt supuse aceloraşi standarde, prezintă variaţii în grosime de zece ori mai mici.

Pe baza experienţelor efectuate se propun ecuaţii cu care se poate calcula distribuţia presiunii în diferitele părţi ale miezului şi factorul de variaţie a obosirii dinţilor. Cercetările experimentale şi practica arată că pachetele de tole insuficient strînse provin din deteriorarea lacului de izolaţie dintre tole, ca urmare a vibraţiilor. Se propune o metodă prin care se poate introduce un coeficient de siguranţă pentru a acoperi acest fenomen. Diferitele metode de împachetare a tolelor sînt trecute în revistă din punctul de vedere al dilataţiei diferenţiale, al energiei acumulate şi al costului. Este inclus exemplul unui hidrogenerator mare.

CZ 621.318.428 : 621.319.43.016.25

Toroptev, N. D. **Utilizarea reactanţelor saturate în instalaţiile de compensare cu condensatoare statice** (Primenenie drosselei nasîsceniia v kompernsiruiuşcih ustroistvah so staticeskimi kondensatorami). In: Izv. vîsş. ucebn. zavedenii elektromehanika **6**, nr. 2, 1963, p. 263 — 268, 2 fig., 2 tab., 3 ref. bibl.

După ce se formulează problema generală şi se dau o serie de date privind exploatarea instalaţiilor de compensare a factorului de putere, autorul arată că îmbunătăţirea factorului de putere în reţele de joasă tensiune, care vehiculează puteri pînă la 100 kW — cu ajutorul bateriilor de condensa-

toare statice, prezintă lipsuri evidente în cazul unei sarcini variabile. Se emite părerea că folosirea condensatoarelor statice este raţională şi dă rezultatele scontate, dacă sarcina are o anumită valoare constatată într-un interval de timp dat. În scopul eliminării neajunsurilor condensatoarelor statice folosite la îmbunătăţirea factorului de putere în cazul unei sarcini variabile se propune o schemă nouă pentru instalaţia de compensare prevăzută cu reglarea automată a curentului reactiv. În paralel cu condensatoarele statice sînt conectate reactanţe saturate, comandate cu ajutorul unui curent dependent de curentul de sarcină. Aplicînd procedeul şi schema descrisă se poate realiza o îmbunătăţire a factorului de putere, într-un domeniu larg de variaţie a sarcinii. Se indică schema de principiu a instalaţiei de compensare şi se insistă asupra elementelor componente, dîndu-se detalii de proiectare. Sistemul prezentat are o mare siguranţă în funcţionare, nu conţine piese cu contacte şi elimină rezistenţa de descărcare a condensatoarelor.

C.A.

CZ 621.319 *Aplicaţiile industriale ale electrostaticii*

CZ 621.319 : 621.315.614.6.001.5

Avakumov, V. G. **Valoarea pierderilor din condensatorul monofazat la funcţionare sub tensiune nesinusoidală** (Mosinosti poteri odnofaznvo silovovo kondensatora pri nesinusoidalnom napriajenii). În : Elektrotehnika **35**, nr. 2, 1964, p. 9—11, 2 fig., 1 tab., 3 ref. bibl.

În literatura tehnică de specialitate s-a scris puţin asupra acestor probleme. Autorul porneşte de la premisa că creşterea pierderilor datorită regimului nesinusoidal de funcţionare duce la creşterea temperaturii condensatorului la accelerarea procesului de îmbătrînire a izolaţiei, iar în cazul unor armonici superioare, la străpungerea termică a izolaţiei. În lucrare se studiază influenţa fiecărei armonici şi, de asemenea, influenţa compusă a fiecărei componente armonice a tensiunii asupra valorii pierderilor în condensator. Pentru verificarea calculelor s-au făcut experimentări asupra unor condensatoare care lucrează la tensiunea nominală de 380 V, de tipul KMV 2—0,38. În concluzie se arată că funcţionarea condensatorului de forţă la nesinusoidale duce la creşterea substanţială a pierderilor şi este proporţională cu suma coeficienţilor dependenţi de influenţa fiecărei armonici.

A.B.

CZ 621.319.4

Kucinskii, G. S. **Condensatoare de impuls cu inductanţe şi pierderi mici pentru funcţionare în regim de descărcări** (Moloinductivnîie impulsiniie kondensatori s malinîi poterianîi v razriadnom rejime). În : Elektricestvo **64**, nr. 7, 1964, p. 39—42, 5 fig., 3 ref. bibl.

Condensatoarele folosite în generatoarele de impuls de curent lucrează în regim apropiat de scurtcircuit. Acest regim se caracterizează prin descărcare în oscilante pe o inductanţă mică şi la frecvenţe între 10^4 şi 10^6 Hz. Acestor condensatoare li se cer, pe lîngă inductanţă proprie foarte mică, ridigitate dielectrică ridicată şi pierderi foarte reduse. În acest scop, pentru un condensator cu capacitatea de 0,1 μF, destinat a lucra în regim de descărcări oscilante la frecvenţe de 3×10^6 Hz, a fost folosit un dielectric de tip nou. Acesta este format din benzi subţiri de hîrtie de condensator, cu grosimea de 10 μ, alternate cu folii din polietilen, cu grosimea de 50 μ. Astfel două benzi de hîrtie şi trei folii din polietilen, în total $3 \times 10 + 2 \times 50 = 130$ μ şi impregnate în ulei mineral, special deshidratat, suportă zeci de mii de descărcări sub un gradient de potenţial de 60 kV/mm. Pierderile dielectrice tg δ nu depăşesc $2—3 \times 10^{-3}$, la frecvenţa de 3×10^{-3} Hz. S-au făcut încercări în curent continuu sub un gradient de potenţial de 90 kV/mm, condensatorul rezistînd probelor. Cuva a fost realizată din viniplast.

A.B.

CZ 621.322.001.2

Gantz, V. L., Griaznov, A. A. şi Nolodnii, S. D. **Fabricarea, caracteristicile şi folosirea conductoarelor din aluminiu oxidat** (Izgotovlenie, svoistva, i primenenie aliuminevîh oxidirovannîh provodov). În Elektrotehnika **35**, nr. 3, 1964, p. 44—46, 4 fig., 5 ref. bibl.

Conductoarele din aluminiu eloxate sînt indicate a lucra la temperaturi între 300 şi 500°C, întrucît nu au nevoie de protecţie la oxidare şi rezistenţa de izolaţie a stratului de oxid de aluminiu este considerabil mai mare decît a altor compuşi anorganici. În afară de acestea, stratul de oxid de aluminiu are o rigiditate mecanică ridicată şi o bună adeziune cu metalul. În lucrare se prezintă caracteristicile dielectrice ale stratului de oxid (respectiv tensiune de străpungere şi rezistenţa izolaţiei) în funcţie de temperatură. Totuşi, această izolaţie este higroscopică şi de aceea pentru funcţionare în medii cu umiditate ridicată se impregnează cu lacuri sau răşini rezistente la umiditate. În cazul în care domeniul de folosire a acestor conductoare nu depăşeşte 300°C şi, totodată, se cer caracteristici dielectrice foarte bune, izolaţia de oxid se măreşte cu un strat din email siliconic sau tereftalic. Se consideră ca mai eficientă impregnarea globală a bobinajelor cu astfel de conductoare în lacuri sau răşini, obţinîndu-se caracteristici atît dielectrice, cît şi termomecanice mult sporite. Se arată că preţul de cost al conductoarelor din aluminiu oxidate nu este mai mare decît preţul de cost al conductoarelor obişnuite emailate.

A.B.

CRONICĂ

CZ 061.3 : 621.3 I.C.P.E. „1964"

I.C.P.E. la a patra sesiune de comunicări tehnico-ştiinţifice

Închinată celei de-a 20-a aniversări a eliberării patriei noastre, sesiunea a oglindit o bogată activitate de cercetare şi proiectare în anul 1963 şi o continuare a ridicării nivelului tehnico-ştiinţific în rezolvarea problemelor.

Lucrările sesiunii, care s-au desfăşurat în zilele de 2—3 august 1964, au fost deschise de tov. ing. N. Ghiţă, adjunct al Ministrului Industriei Construcţiilor de Maşini, care a subliniat rolul important pe care-l îndeplineşte institutul pentru sprijinirea producţiei şi pentru ascensiunea în ritm rapid a industriei noastre electrotehnice. A urmat comunicarea tov. ing. D. Lăzăroiu, directorul institutului, care a rezumat activitatea institutului în cursul celor doi ani de la ultima sesiune ştiinţifică, scoţînd în evidenţă unele rezultate remarcabile atinse în rezolvarea sarcinilor de cercetare, a autoutilării laboratoarelor şi a activităţii de publicaţii tehnico-ştiinţifice.

În auditoriul compus în majoritate din cadrele ştiinţifice ale institutului s-au remarcat delegaţii ale întreprinderilor electrotehnice din provincie şi în număr mai redus ale institutelor şi întreprinderilor din Capitală.

Comunicările care s-au prezentat în două secţii paralele au fost urmate de întrebări şi discuţii, ceea ce a contribuit la lămurirea fondului şi aplicabilităţii soluţiilor în producţie. În cele ce urmează se dau scurte rezumate ale comunicărilor grupate pe secţiile de cercetare ale institutului.

Textul în extenso al comunicărilor a fost publicat şi difuzat în prealabil în două volume, ceea ce a contribuit la desfăşurarea cu succes a dezbaterilor prin scurtarea timpului acordat expunerii şi lungirea celui rămas disponibil pentru observaţii, comentarii şi critici.

Secţia curenţi tari

F. D. Lăzăroiu. Unele consideraţii referitoare la proiectarea maşinilor electrice cu înfăşurările realizate pe baza circuitelor imprimate. Pe baza unei lucrări anterioare, în care autorul a arătat tipurile constructive şi calculul pe baza legilor de similitudine la maşinile electrice cu înfăşurările realizate pe baza circuitelor imprimate, se fac unele consideraţii pentru proiectarea acestui tip de maşini. Se arată că în rotoarele imprimate se realizează rapoarte constante ale razelor exterioare şi interioare în care se înscrie înfăşurarea imprimată şi, respectiv, partea activă a conductoarelor străbătute de fluxul de excitaţie, în funcţie de care se exprimă parametrii electromagnetici, ceea ce fundamentează teoretic posibilitatea calculului prin similitudine. Se prezintă calculul termic al rotoarelor imprimate, pe bază de relaţii şi tabele, fără de care nu se poate realiza un calcul exact al maşinii, dîndu-se expresiile legilor de repartiţie a fluxului caloric, prin comparaţie cu date experimentale.

I. Barbu. Siguranţe lente cu filet de 6—100 A de joasă tensiune. Se descriu fenomenele termice, calculul la scurt-circuit cu considerarea fenomenului adiabatic, construcţia şi tehnologia siguranţelor. S-a calculat variaţia încălzirii fuzibilului cu lungimea, cum şi secţiunea de strangulare. Din diagrame şi oscilograme a rezultat că performanţele siguranţelor satisfac cerinţele normelor, fiind la nivelul tehnicii actuale. Astfel, capacitatea de rupere a acestor siguranţe este de 16 kA, deşi normele indică pentru unele siguranţe 4 kA, iar caracteristicile de limitare a curentului sînt superioare celor cunoscute din literatură.

M. Pesici. Serii speciale de siguranţe de joasă tensiune, cu mare capacitate de rupere. Se expun realizări de prototipuri — construcţii speciale — pentru folosirea în reţelele de distribuţie subterane şi pentru protecţia instalaţiilor electrice ale locomotivei Diesel-electrice.

Rezultatele obţinute la încercări, arătate în oscilograme şi tabele, arată că funcţionarea acestor siguranţe se încadrează în plaja de valori indicate de normele consultate.

A. Avramescu şi *I. Barbu.* Încercări la uzură ale contactelor de contactoare.

Se arată cauzele şi natura uzurii contactelor electrice de întrerupere, influenţa diferiţilor parametri de funcţionare asupra acesteia şi se descriu cercetările experimentale efectuate asupra unei serii de contacte din Ag, AgCd, AgZn, AgCu, conţinînd diverse procente din materialul de adaos. Încercările au fost efectuate în condiţiile nominale de funcţionare la curenţii de 10, 25, 60 şi 100 A, 380 V.

Rezultatele au arătat concordanţa cu cele publicate în literatura de specialitate, constatîndu-se şi unele fenomene noi, în special la contactele din AgCd : dependenţa minimului uzurii de procentul de Cd în funcţie de curent ; minimul uzurii în funcţie de procentul de Cd este invers proporţional cu curentul.

N. Bichir şi *L. Vinaru.* Studiul zgomotului maşinilor electrice rotative.

Se prezintă linia de cercetare urmată, precum şi rezultatele obţinute din 1962 pînă în prezent, accentuîndu-se în acest sens în special asupra metodelor de defectoscopie a maşinilor electrice prin analiza zgomotului, precum şi asupra metodelor de măsură şi apreciere a zgomotului respectiv. În continuare se indică metode expeditive de înlăturare a surselor anormale de zgomot, care duc la depăşirea nivelului nominal la controlul de serie.

V. Liuba şi *H. Aslan.* Studiul cuplurilor maşinilor asincrone fabricate în R. P. R.

Studiul începe printr-o scurtă prezentare a metodei şi a instalaţiei elaborate pentru determinarea în condiţii industriale a caracteristicii cuplului la motoarele asincrone. Metodica dinamică indirectă de înregistrare prevede utilizarea unui amplificator operaţional pentru derivarea tensiunii tahogeneratorului, ceea ce măreşte precizia şi ameliorează comportarea la transfer a instalaţiei. Se dau rezultatele analizelor efectuate asupra caracteristicilor de cuplu ale unor motoare asincrone fabricate în ţară şi se comunică unele dintre măsurile adoptate în colaborare cu fabricile constructoare pentru îmbunătăţirea caracteristicilor acestor motoare.

C. Popescu. O metodă de determinare a caracteristicilor tensiune-timp pentru izolatoare de înaltă tensiune.

Deoarece caracteristica tensiune-timp a echipamentului electric este unul dintre elementele indispensabile rezolvării problemei coordonării izolaţiei, s-a determinat această caracteristică pentru un produs nou construit în ţară şi anume izolatorul din sticlă călită IS—I. Se prezintă instalaţiile şi metodele utilizate, se arată modul în care s-au prelucrat statistic valorile extrase din oscilogramele executate şi se dau rezultatele experimentale obţinute la determinarea caracteristicilor tensiune-timp pentru un izolator din sticlă călită (IS—I) şi pentru un lanţ din 3 izolatoare IS—I.

I. Marinescu. Încercarea siguranţelor de înaltă tensiune şi mare putere în circuit oscilant (scheme de încercare, fenomene fizice).

Se expune circuitul oscilant propus pentru încercarea la puterea de rupere a siguranţelor de înaltă tensiune, circuit care a rezultat din analiza critică a altor scheme. De asemenea, fenomenele fizice care apar în circuitul oscilant la încercarea siguranţelor, respectiv echivalarea acestora cu fenomenele fizice care apar în aceleaşi condiţii de încercare în reţele sau cu generatoare de impuls. Rezultă că siguranţele de înaltă tensiune pot fi încercate în circuitul oscilant în bune condiţii, realizîndu-se totodată importante economii.

F. Tănăsescu. Tendinţe noi în proiectarea şi exploatarea separatoarelor de sarcină. Se arată avantajul utilizării separatorului de sarcină în reţelele de puteri şi tensiuni medii, atît în ceea ce priveşte protecţia şi siguranţa în funcţionarea liniilor, cît şi datorită faptului că poate înlocui întreruptorul, al cărui cost este mult mai ridicat. Trecîndu-se apoi în revistă criteriile şi principiile constructive care stau la baza proiectării separatoarelor de sarcină, se indică cele mai importante tipuri, prezentîndu-se în final prototipul de separator de sarcină construit la I. C. P. E., tehnologia şi materialele noi aplicate în construcţia sa, cum şi unele performanţe obţinute la încercarea directă în reţea sau în scheme sintetice.

D. Finţescu, E. Lapedatu, I. Dan, R. Zăroni şi B. Şerbănescu. Agregat de sudură static, în curent continuu, cu ventile de siliciu. Se prezintă un agregat de sudură în curent continuu de 350 A cu transductoare şi ventile de siliciu, conceput şi construit în întregime la I.C.P.E. în anul 1962. Alura caracteristicii de sudură tensiune-curent, precum şi procesul tranzitoriu de stabilire a curentului, pot fi variate în limite foarte largi. Se descrie sistemul de comandă a agregatului.

D. Finţescu, R. Zăroni, B. Şerbănescu, E. Lapedatu şi A. Herlea. Echipament electric pentru electrofiltre. Se prezintă agregatul redresor de înaltă tensiune pentru alimentarea electrofiltrelor, precum şi echipamentul de comandă, automatizare şi protecţie a acestui agregat realizat la I.C.P.E. Agregatul este realizat cu ventile de seleniu şi este comandat prin amplificatoare magnetice. Se prezintă echipamentul de automatizare cu amplificatoare magnetice, care realizează reglarea tensiunii, limitarea curentului, protecţia şi comanda agregatului. De asemenea, se descriu echipamentul electronic tranzistorizat pentru reglarea frecvenţei descărcărilor Corona, limitarea duratei descărcărilor şi a curentului mediu în camera de filtrare.

I. Ceacoveanu. Rolul coeficientului de eficacitate economică în calculul de optimizare a transformatoarelor şi motoarelor electrice. Se analizează principiile conţinute în formula de calcul al optimizării transformatoarelor şi motoarelor elaborate de prof. Grudinski şi prof. Popov. Analiza se extinde atît asupra funcţiunii coeficientului de eficacitate economică, cît şi asupra rolului celorlalţi termeni ai formulei. Se ajunge la concluzia că formula respectivă nu poate contribui la alegerea variantei optime de transformator şi în final se propune o nouă formulă de calcul al eficacităţii economice a transformatoarelor şi motoarelor.

Secţia materiale

A. Bercu şi *M. Perlea.* Scheme de izolaţie moderne pentru maşini electrice de mare putere. Se prezintă schemele clasice de izolaţie pentru maşini electrice mari, analizîndu-se deficienţele remarcate în special în exploatare. Din analiza acestora a reieşit necesitatea elaborării unor noi scheme de izolaţii avînd ca materiale de bază hîrtia de mică cu lianţi impregnaţi cu răşini termorigide, în special epoxidice (scheme de tip termalastic, ermolit ş orlitza). Cercetările efectuate au stabilit materialele componente şi dimensionarea lor.

S-a stabilit comportarea dielectrică și climatică a schemelor respective, observîndu-se în mod evident superioritatea acestor noi scheme de izolație, atît ca stabilitate în timp, cît și din punct de vedere tehnico-economic, prin posibilitatea ridicării gradientului de potențial al izolației.

C. Antohi, V. Bărcănescu, P. Pascal și E. Furtunescu. Scheme de izolație pentru mașinile electrice utilizate la antrenarea compresoarelor din agregatele frigorifice capsulate. Pentru verificarea compatibilității materialelor electroizolante cu solvenți folosiți la spălarea agregatelor și cu uleiul și freonul care se întrebuințează la umplerea lor, în tehnica mondială actuală se utilizează metode rapide bazate pe procedee de extracție și încercări pe motorete. Folosind asemenea metode descrise amănunțit în partea a doua a referatului, se stabilește o schemă de izolație compatibilă cu uleiul frigorific de tip HF 12 și cu freonul 12. Ca urmare a rezultatelor bune obținute se recomandă introducerea în fabricația curentă în întreprinderile M.I.P.C, a freonului 12 și a uleiului de tip HF 12.

I. Diaconu, B. Marcus și V. Berinde. Izolatoare din sticlămică. Se prezintă rezultatele studiului efectuat asupra materialului tip mică-sticlă, precum și principiile de realizare a izolatoarelor profilate cu inserții metalice. Se dau de asemenea performanțele electrice și mecanice a două tipuri de izolatoare realizate. În final se trage concluzia că produsele se situează la nivelul tehnicii mondiale și că în țara noastră există condiții tehnico-materiale pentru introducerea în fabricație.

A. Bercu, M. Perlea și G. Bergel. Tendințe moderne în tehnologia impregnării micromotoarelor. Se prezintă în mod critic metodele clasice de impregnare a micromotoarelor prin imersiuni în lacuri, cu solvenți. Pentru eliminarea principalelor dezavantaje ale acestor metode (rigidizare mecanică slabă, instabilitate a caracteristicilor dielectrice în timp, slabă rezistență la acțiunea mediului climatic) se tinde la folosirea rășinilor sintetice termorigide, în special, cele epoxidice. S-a experimentat impregnarea micromotoarelor cu rășini epoxidice prin metoda picurării, obținîndu-se rezultate favorabile.

Efectuîndu-se un studiu al materialelor de impregnare, al tehnologiei lor, ca și al încercărilor dielectrice, făcute pe micromotoare impregnate după metoda clasică și după cea propusă de autori, se demonstrează că rezultatele obținute prin noua metodă sînt net superioare.

În prezent se lucrează la realizarea unei instalații industriale complet mecanizate și cu elemente de automatizare, pentru o productivitate de 10 000 rotoare pe an.

C. Năstase, M. Barosu, Gh. Nițescu și *A. Caranda.* Contribuție la creșterea performanțelor acumulatoarelor acide cu plumb. În lucrare sînt prezentate modernizările constructive și îmbunătățirile tehnologice aduse în vederea creșterii performanțelor acumulatoarelor cu plumb, în special, pentru creșterea duratei de viață și a capacității, în regimuri rapide de descărcare la temperaturi scăzute ; prin aceasta se asigură produselor noastre performanțe la nivelul produselor străine. De asemenea, se prezintă sumar metodele de analiză a pastelor active și a aliajului de plumb antimonios pentru grătare.

M. Barosu și *S. Sudrețean.* Contribuție la stabilirea condițiilor de utilizare a cîtorva tipuri de MnO_2 în fabricația de baterii galvanice. Caracteristica de funcționare $U = F(t)$ a pilelor și bateriilor tip $Zn-MnO_2$ în funcție de domeniul de utilizare este o problemă actuală care se soluționează prin utilizarea în fabricație a tipurilor de bioxid de mangan de activitate și compoziție structurală diferită. Se prezintă soluții noi, care permit alcătuirea depolarizanților cu tipuri de MnO_2 de activitate mare, ca principal component. În acest scop a fost studiată sistematic influența modificărilor raportului $CMnO_2$ și a conținutului de MnO_2 artificial și de negru de fum asupra activității depolarizanților și asupra caracteristicilor electrice ale bateriilor 3 R 12, soluțiile elaborate fiind verificate și asimilate în fabricația curentă.

Gh. Bălășescu. Caracterizarea structurală a oxizilor de fier în vederea realizării oxidului de fier pentru ferite. Se prezintă primele lucrări experimentale, care urmăresc stabilirea condițiilor tehnice ale materiilor prime pentru fabricarea feritei de bariu, cum și determinarea tehnologiei optime din date structurale. Se descriu caracterizările structurale ale probelor de oxizi de fier indigeni (Orăștie, Dealul Spirei, Timiș) și străini (R.F.G., R.D.G.) efectuate în cadrul I.C.P.E. cu ajutorul microscopiei electronice și difracției de raze X.

S. Cedighian. Aliaje termocompensatoare pentru circuitele magnetice ale vitezometrelor. Compensarea erorilor de temperatură a magneților permanenți se face prin șuntarea acestora cu un material termocompensator, care are punct Curie scăzut și coeficient de temperatură negativ. Se ilustrează elaborarea unui aliaj termocompensator pe bază de nichelcrom și se dau rezultatele obținute cu acest material la vitezometre.

M. Șonfeleanu, G. Nicola și E. Podani. Prafuri de presare pentru aplicații în aparataj electric cu solicitări electrice, termice și mecanice ridicate. Se descrie modul de obținere a patru tipuri de prafuri de presare fenolformaldehidice modificate, cu umplutură din fire de sticlă, bucăți de țesătură de sticlă și azbest. Se dau, de asemenea, proprietățile fizico-mecanice, termice și electrice în condiții normale, după menținerea la temperatura de 130°C și la umiditatea de $95 \pm 3\%$.

Sectorul proiectări

G. Bodnărăscu. Arhitectura industrială în sectorul electrotehnic. Se indică principiile generale de arhitectură industrială aplicate în proiectarea construcțiilor de fabrici din sectorul electrotehnic, enunțîndu-se generalități despre halele de protecție, grupul social, pavilionul tehnic și finisaje.

M. Dobreanu. Principii și realizări în proiectarea instalațiilor industriale de vopsire. Se expun criteriile pentru alegerea metodelor și utilajului tehnologic, precum și domeniile de utilizare în vederea proiectării de instalații industriale de vopsire. Se indică două procedee economice, care pot fi folosite în montarea instalațiilor menționate.

A. Razu. Distribuția energiei electrice în hale industriale prin posturi de transformare bloc. În lucrare se prezintă distribuția energiei electrice în hale industriale prin magistrale de transport și sisteme de distribuție, alimentate prin posturi de transformare bloc amplasate în hală, în apropierea centrelor de consum. În acest fel se reduc pierderile pentru transportul energiei electrice de la un post de transformare clasic la centrul de consum.

Secția climatizări-omologări

M. Cristescu, L. Oprean și *L. Strat.* Încercarea în microclimate naturale a acoperirilor de protecție, utilizate în construcția de mașini. Lucrarea tratează problema încercărilor în microclimate naturale a acoperirilor de protecție de suprafață utilizate în industria construcțiilor de mașini. Din rezultatele obținute la încercări rezultă pentru acoperirile galvanice grosimile minime de strat admise, iar pentru acoperirile prin vopsire, materialele care se pot utiliza pentru asigurarea unui anumit grad de protecție anticorosivă.

R. Kemény și *I. Pitiș.* Rezultatele încercărilor climatice asupra materialelor electroizolante. În lucrare se tratează influența umidității asupra materialelor electroizolante și rezistența la mucegai a acestora. S-au studiat comparativ absorbția de umiditate și înrăutățirea caracteristicilor electrice. Materialele — în general, produse ale Fabricii de cabluri și materiale electroizolante — au fost încercate și din punctul de vedere al rezistenței la mucegai. În concluzie se arată criteriile de alegere propuse pentru o clasificare a materialelor, după rezistența la influența umidității și la mucegai.

M. Dimboiu. Soluții constructive și tehnologice folosite la realizarea mașinilor electrice asincrone de joasă tensiune în tipul de execuție TH, cu materiale electroizolante din țară. Pentru realizarea echipamentului electrotehnic în execuție TH, cu materiale electroizolante din țară, s-au cercetat numeroase prototipuri de mașini electrice, aparataj electric, echipament auto etc., executate de întreprinderi. Se arată aspecte ale modului în care s-au desfășurat lucrările privind motoarele asincrone de joasă tensiune în execuție TH. Pe scurt se prezintă prototipurile studiate, măsurile de tropicalizare aplicate pe elemente constructive, modul de cercetare, cum și rezultatele obținute.

I. Pitiş şi *M. E. Antoniu.* Agresivitatea apei de mare din portul Constanţa asupra acoperirilor de protecţie ale navelor. Studiul tratează agresivitatea chimică şi biologică a apei de mare din portul Constanţa asupra tablei navale şi vopselelor de protecţie. S-au efectuat analize bacteorologice şi chimice ale apei de mare din port şi din larg. S-au expus acţiunii agresive a apei de mare din porturile Constanţa şi Tomis epruvete cu vopsele antivegetative şi sisteme de pituri de protecţie, constatîndu-se prezenţa unui fuling caracterizat în special prin alge şi crustă calcaroasă formată de crustacei sedentari (Balanus improvisus şi Balanus oburneus). S-a verificat eficienţa toxicilor organici şi a oxidului de cupru din vopselele antivegetative pe bază de copolimer vinilic.

Laboratorul redresoare

P. Roman şi *B. Didiv.* Noi realizări in domeniul monocristalelor de siliciu. Se prezintă realizările obţinute în anii 1962—1964 în problema monocristalelor de siliciu. Se descriu o instalaţie cu alimentare electrică stabilizată pentru obţinerea barelor de siliciu de diametrul dorit, cum şi aspecte ale stabilităţii zonei topite, formele inductoarelor în procesul de purificare zonară şi realizarea monocristalelor. Se prezintă rezultatele obţinute la dotarea monocristalelor de siliciu prin topire zonară.

P. Roman, M. Stoenescu, O. Lupaş, G. Comşa şi S. Grinescu. Seria unitară I.C.P.E. de ventile de putere cu siliciu. După ce se expune pe scurt tehnologia de obţinere a ventilelor de putere cu siliciu realizate la I.C.P.E., se dau parametrii electrici şi se menţionează aplicaţiile mai importante ale acestor ventile. Seria de ventile realizată cuprinde tipurile Si8, Si25, Si50, Si200 pentru curent mediu redresat de 8—200 A şi tensiuni inverse de vîrf de lucru de 50—600 V.

O. Lupaş şi *S. Grinescu.* Măsurători şi încercări electrice pe ventilele de putere cu siliciu. Se prezintă metodele şi instalaţiile elaborate pentru efectuarea de măsurători şi încercări curente asupra ventilelor de putere cu siliciu, insistîndu-se asupra problemelor specifice care apar la măsurarea parametrilor electrici ai ventilelor semiconductoare.

M. Stoenescu. Îmbunătăţirea caracteristicii inverse a celulelor redresoare cu siliciu. Existenţa unei suprafeţe libere a discului semiconductor în contact cu atmosfera complică problema realizării unei caracteristici inverse bune tensiune-curent, prin formarea unui curent invers de suprafaţă. Se expun condiţiile de obţinere a unei suprafeţe cît mai curate, indicîndu-se metodele de stabilizare a suprafeţei şi prezentîndu-se lucrările de laborator efectuate în acest scop.

S. Grinescu şi *I. Schiteanu.* Cercetări în domeniul redresoarelor comandate cu siliciu (tiristoare). Lucrarea conţine două încercări de clasificare a caracteristicii tiristorului: o completare a graficului propus de Stumpe pentru ridicarea caracteristicii directe în starea de conducţie şi o deducere a formei generale a caracteristicii invers a tiristorului urmînd raţionamentul lui Moll. Prezentînd pe scurt rezultatele experimentale care reprezintă încercările de realizare a unor structuri cu trei straturi pe care prin aliere să se poată obţine structura de tiristor, se trece apoi la partea de pregătire a circuitelor de măsură a parametrilor tiristorului, în care se insistă asupra circuitelor de aprindere şi se dau rezultatele obţinute pe tiristoarele TSW 50.

Secţia elaborări scheme

A. Andrei, I. Mărginean şi *S. Costiner.* Stabilitatea unor scheme de reglaj în echipamentul electric auto. Releul conjunctor-disjunctor este dispozitivul care conectează generatorul de curent continuu al automobilelor la bateria de acumulatoare, cînd tensiunea generatorului depăşeşte o anumită valoare impusă şi deconectează generatorul atunci cînd tensiunea sa scade sub tensiunea bateriei. Se deduc anumite relaţii de proiectare a releului conjunctor-disjunctor pe baza condiţiilor de stabilitate impuse elementelor schemei funcţionale a releului în vederea împiedicării uzurii premature a contactelor releului conjunctor-disjunctor pentru prevenirea deranjamentelor în sistemul generator-releu-acumulator.

Gh. Postelnicu. Stabilirea unei metode de calcul pentru sistemele de aprindere ale autovehiculelor. Îmbunătăţirea continuă a parametrilor motoarelor cu combustie internă pentru autovehicule necesită o adaptare corespunzătoare a sistemelor de aprindere de la baterie. Pornind de la relaţiile generale care descriu funcţionarea acestor sisteme, în articol se arată principalele elemente teoretice necesare pentru proiectare, căutînd să se exprime în formă analitică relaţiile necesare.

Se expun calculele pentru dimensionarea întreruptorului şi pentru aflarea valorilor optime ale inductivităţii primare, ale raportului numerelor de spire ale bobinei de aprindere şi ale capacităţii condensatorului.

A. Andrei şi *S. Lehaci.* Antiparazitarea radioelectrică a instalaţiilor de ascensoare pentru locuinţe. După prezentarea importanţei problemei se analizează sursele perturbatoare din cadrul instalaţiei de ascensoare. Se descriu în continuare procedeele generale de antiparazitare radioelectrică şi dispozitivele folosite în cazul concret al antiparazitării radio a instalaţiei de ascensoare IFMAB. Lucrarea prezintă modul de proiectare a filtrului trece-jos, folosit în soluţia de antiparazitare, cum şi modul de măsurare a caracteristicii lui de atenuare.

M. Racoviţă, I. Alexiu şi *S. Lehaci.* Calculul tensiunilor în regim tranzitoriu pe celulele unui lanţ de cvadripoli RC, cu ajutorul unui calculator analogic. Se prezintă rezultatele obţinute la determinarea repartiţiei tensiunii de impuls pe un divizor de înaltă tensiune, folosind o maşină analogică de capacitate mică. Întrucît capacitatea calculatorului a fost depăşită de această problemă, s-au elaborat în această situaţie:

— o programare mai simplă, care a necesitat de două ori mai puţine amplificatoare operaţionale;

— o metodă de măsurare punct cu punct a soluţiei (în special a maximelor) la variaţii rapide ale soluţiei. Programarea elaborată se caracterizează prin conectarea în paralel a integratoarelor, fapt care a dus la o creştere apreciabilă a preciziei realizate.

Din examinarea acestor rezumate, care oglindesc lucrări de anvergură şi valoare diferită, se poate totuşi deduce, printr-o comparaţie cu comunicările din sesiunile anterioare, un real progres în orientarea temelor cercetate spre obiective mai importante şi mai apropiate necesităţilor mereu crescînde ale industriei noastre electrotehnice care, la a 20-a anivesare a eliberării patriei de sub jugul fascist, se află într-o ascensiune fără precedent.

Acad. *Aurel Avramescu*

CZ 061.3 : 621.3 CEI „1964"

Din lucrările Comitetelor tehnice CEI la sesiunea 1964, de la Aix-les-Bains

Lucrările Comitetului tehnic nr. 24 „Mărimi şi unităţi electrice şi magnetice"

Comitetul şi-a desfăşurat activitatea cu participarea delegaţilor din următoarele ţări: Belgia, China, Franţa, Germania, Ungaria, Italia, Japonia, Olanda, Norvegia, Romînia, Spania, Suedia, Elveţia, Anglia, Austria, Turcia, S.U.A., Iugoslavia şi Danemarca. Preşedinte a fost dl. C. Chambers (S.U.A.), iar secretar dl. Ch. Dietsch (Franţa). Din partea Romîniei au participat trei delegaţi (prof. R. Răduleţ, prof. C. Penescu şi ing. Gh. Manolescu).

— După aprobarea cu mici observaţii a procesului verbal al şedinţei anterioare din 1962, de la Bucureşti, se trece la discuţia schimbării numirii engleze a Comitetului tehnic nr. 24, Documentele 24 (S.U.A.) 110 şi 24 (Secretariat) 125. Se aprobă propunerea S.U.A., de schimbare a denumirii, hotărîre care trebuie transmisă Comitetului de acţiune.

Propunerea iugoslavă ca acest comitet să se numească şi în limba franceză şi engleză „Mărimi şi unităţi electrice şi magnetice" rămîne a se examina ulterior.

— Rezultatul anchetei privind precizarea din Documentul ISO nr. 439 asupra unităţilor de putere activă aparentă şi reactivă (Document 24 (Secretariat) 126).

În Documentul ISO nr. 439 figurează precizarea:

1 VA = 1 W şi 1 var = 1 W.

Deşi în cadrul discuţiilor toţi vorbitorii au fost de acord cu eliminarea acestor relaţii, s-a cerut să se facă precizări (că aceste relaţii sînt valabile numai în regim sinusoidal etc.), secretarul a anunţat că se va trimite la ISO numai concluzia Comitetului tehnic 24 de a se suprima aceste relaţii la viitoarea editare a documentului ISO nr. 439.

— Denumirea mărimilor electrice şi magnetice caracterizînd proprietăţile vidului şi ale materialelor (Document 24 (Birou central) 120). Pe baza observaţiilor Comitetelor Naţionale la Documentul 24 (Birou central) 120, preşedintele propune spre discuţie un nou Document 24 (Aix/Secretariat) 6.

În acest document se dau următoarele valori pentru

μ_0 (constanta magnetică) $= 4\,\pi\,10^{-7}$ H/m

ε_0 (constanta electrică) $= \dfrac{1}{(\text{constanta magnetică}) \times \theta_0^2}$ F/m.

În cursul discuţiilor s-au propus şi alte forme pentru definiţia permitivităţii. S-a discutat indicaţia din acest document că aceste expresii nu mai sînt valabile în cadrul cîmpurilor fizice extrem de intense. Delegaţia romînă arată utilitatea acestei precizări. Se hotărăşte ca domnii Page (S.U.A.) şi Vigoureux (Anglia) să propună un nou text.

În ziua următoare, discuţiile au continuat pe baza noului text. După discuţii se acceptă a se formula „proprietăţile vidului" şi nu „în vid" şi se întocmeşte un nou document pe baza acestor Documente 24 (Aix/Secretariat) 8, care conţine ultima formulare a capitolului A din documentul iniţial pus în Document 24 (Aix/Secretariat) 6. Capitolele B şi C din acest document rămîn, practic, neschimbate. Acest nou document astfel întocmit urmează a fi difuzat după Regula de 6 luni, spre aprobare, Comitetelor Naţionale.

— Se discută în continuare propunerea germană — Document 24 (Germany) 13, care figura pe ordinea de zi din 1962 de la Bucureşti (dar nu s-a discutat din lipsă de timp), de a se stabili perioada în care, în toate documentele CEI, se va utiliza numai sistemul SI, întrucît, conform unei hotărîri CEI din 1954, de la Philadelphia, această perioadă trebuie să fie cît mai scurtă. Se hotărăşte a se întreba prin Comitetul de acţiune, Comitetele Naţionale şi fiecare să răspundă în parte.

— Se discută apoi Documentul 24 (Aix/Birou Central) 9, neinclus pe ordinea de zi, privind condiţiile şi unităţile preferenţiale ce vor fi utilizate în electrotehnică, din ansamblul de unităţi SI. Se propune formarea unui Comitet de lucru mixt ISO + CEI, care să stabilească toate aceste probleme.

În cadrul discuţiilor, delegaţia R.P.R. a susţinut formarea unui grup mixt de lucru, pentru a se evita lucrul în paralel cu ISO; totodată, ea arată că de cîţiva ani se folosesc în ţara noastră exclusiv unităţile SI. Se stabileşte alcătuirea unui comitet de lucru care să stabilească întîi toate necesităţile şi preferinţele CEI, iar apoi să lucreze în colaborare cu ISO.

Comitetele Naţionale vor fi întrebate şi îşi vor desemna delegaţii, în caz că prezenţa acestora în comitet prezintă interes pentru ţara respectivă. În şedinţă, Romînia, Franţa şi Anglia îşi exprimă dorinţa de a participa prin delegaţi la acest comitet. Conform procedurii CEI se alege în şedinţă secretariatul (Franţa), urmînd ca preşedintele să fie ales dintre membrii comitetului.

— Examinarea proiectului recomandărilor relative la convenţiile privind circuitele electrice şi magnetice. Materialele difuzate în acest sens, Documentele 24 (Secretariat) 129—1 şi 129—2 au fost preparate de un grup mixt de lucru creat la Bucureşti sub preşedinţia domnului Landolt (Elveţia). Dl. Landolt expune situaţia şi arată că în comisie s-a ajuns la un acord destul de repede şi s-a lucrat în parte bine. S-a ajuns însă la divergenţă în problema polarităţii şi sensului de referinţă al tensiunii, care a constituit dificultatea principală. Cere un aviz comitetului.

Există două păreri în privinţa aceasta, şi anume :

$$V_{12} = \int_1^2 \mathrm{d}V = V_2 - V_1 \quad \text{(fig. 1)}, \tag{1}$$

$$V_{12} = \int_1^2 \vec{E}\,\vec{\mathrm{d}s} = V_1 - V_2 \quad \text{(fig. 2)}. \tag{2}$$

O altă dificultate o constituie definiţia neprecisă din ţările anglosaxone a termenului voltaj care are mai multe sensuri : diferenţă de potenţial, potenţial, cădere de tensiune şi tensiune electromotoare.

S-a discutat şi asupra necesităţii de a se indica polaritatea tensiunii prin + şi — sau prin săgeţi, deşi problema nu era

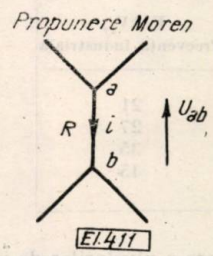


Fig. 1.

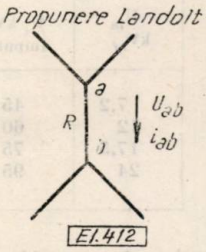


Fig. 2.

de a se stabili necesitatea săgeţii, ci numai sensul ei, după cele două posibilităţi arătate în figurile menţionate.

Cererea preşedintelui de a se pune la vot cele două posibilităţi de sens al săgeţii nu întîlneşte acordul participanţilor. Discuţiile arată că este preferabil să se mai ceară elemente noi de la ţările participante. În acest scop se hotărăşte întocmirea unui chestionar de către dl. Landolt asupra problemelor nelămurite, chestionar care va fi trimis tuturor ţărilor pentru a răspunde.

— Propunerea U.R.S.S. privind atribuirea numelui de Lenz unităţii SI a cîmpului magnetic se amînă la cererea delegatului Ungariei şi cu acordul U.R.S.S. şi al celorlalte ţări, din cauza lipsei de timp, pînă la viitoarea reuniune, urmînd ca U.R.S.S. să studieze problema pe baza tuturor elementelor din răspunsurile primite.

Definiţia mărimilor curent magnetic şi densitate de curent magnetic, Document 24 (Secretariat) 121, nu se poate discuta, întrucît materialele primite sînt puţine şi neconcludente (inclusiv propunerea iniţială a S.U.A.), ţările nemanifestînd un mare interes pentru această problemă. Se hotărăşte ca S.U.A. să pregătească un document complet, cu definiţii clare, spre a fi difuzat ţărilor membre.

— Propunerea Comitetului tehnic nr. 1 privind definiţia mărimii cîmp electric (şi nu a Comitetului olandez privind cîmpul magnetic, cum din eroare s-a menţionat în ordinea de zi), Document 24 (Secretariat) 130, se hotărăşte a se trimite la Comitetele Naţionale pentru observaţii.

— Se discută Documentul 24 (Secretariat) 119, privind completări în raţionalizarea ecuaţiilor cîmpului electromagnetic. Se hotărăşte destul de repede şi în unanimitate trimiterea sa spre observaţii Comitetelor Naţionale.

— Diverse. Preşedintele obţine permisiunea de a se adresa Comitetelor Naţionale privind definiţia noţiunii „mărime" care nu este clară. Problema semnificaţiei raţionalizării, cerută, de Spania, a se include pe lista problemelor viitoare, nu este susţinută de delegatul spaniol prezent, deoarece nu cunoaşte problema.

Delegaţii Olandei, Germaniei şi Elveţiei susţin că nu este cazul ca CEI să se ocupe de această problemă, CEI stabilind numai coeficienţii care intervin.

Delegatul Iugoslaviei arată că impedanţa caracteristică a vidului $Z_0 = \sqrt{\dfrac{\mu_0}{\varepsilon_0}} = 377\ \Omega$, care dimensional este o impedanţă, este doar o mărime care leagă între ele cele două cîmpuri electric şi magnetic, şi nu este o impedanţă, după cum rezultă şi din faptul că este supusă raţionalizării $Z_0' = \dfrac{Z_0}{4\pi}$, în timp ce impedanţa unui circuit electric nu suferă această transformare. Propune ca această mărime să se numească conectanţă şi să se reprezinte prin simbolul literal $\overline{=}$. Urmează ca Iugoslavia să întocmească un material care să fie trimis ţărilor membre pentru observaţii.

R. Rădulet

Lucrările Comitetului tehnic nr. 28, „Coordonarea izolației"

Una dintre problemele care au fost discutate cu interes a fost reducerea nivelurilor de izolație pînă la 24, reducere propusă de delegația franceză, conform tabelei 1.

Tabela 1

U_m kV_{ef}	U_i kV Impuls	U, kV_{ef} Frecvența industrială
7,2	45	21
12	60	27
17,5	75	35
24	95	45

Interesul pentru această reducere a nivelurilor de izolație, ca o variantă în plus față de prevederile Publicației CEI/71, rezultă din faptul că în numeroase țări se trece de la tensiunea de exploatare de 15 kV la tensiunea de 20 kV, și este de dorit ca echipamentul de linie să se conserve. Printre țările interesate se citează : Franța, Grecia, Italia, Belgia etc. Prin delegatul său, țara noastră a fost de acord cu acceptarea propunerii franceze. Deoarece părerile delegaților sînt încă neformate, s-a admis ca secretariatul să pregătească un comentariu explicativ, care să fie trimis Comitetelor Naționale și apoi să se ia o decizie finală.

S-a acceptat ca nivelurile de izolație la impuls pentru tensiunile de exploatare maxime de 420 kV și 525 kV să fie, respectiv, de 1 675 și 1 800 kV.

S-a căzut de acord asupra distanțelor în aer față de pămînt pînă la tensiunile de încercare de 2 300 kV.

S-a acceptat definiția factorului de supratensiune de comutație față de pămînt și nu s-a căzut de acord asupra factorului de supratensiune de comutație între faze. Asocierea tensiunii de încercare la impuls la tensiunea de încercare la frecvența industrială a fost discutată cu interes. Există două opinii : aceea europeană, care propune asocierea unei tensiuni de încercare la impuls fiecărei tensiuni la frecvențe industriale și aceea americană, care propune să existe două tabele distincte, una cu tensiune de impuls și alta cu tensiuni de frecvență industrială. În acest caz, constructorul va împerechea, după necesitate, tensiunea de impuls cu aceea de frecvență industrială. Întrucît nu s-a realizat nici o apropiere între cele două opinii, această problemă a rămas fără un acord majoritar.

Pe baza acordurilor survenite în cursul discuțiilor se va proceda la o nouă editare a Publicației CEI/71.

Președintele comitetului, Langlois-Berthelot, anunță că se retrage din cauza vîrstei înaintate, de la conducerea Comitetului 28, după o activitate desfășurată timp de 16 ani.

Următoarea ședință urmează să aibă loc la Tokio, în anul 1965.

Lucrările Comitetului tehnic nr. 37, „Descărcătoare"

La lucrările acestui comitet au participat 36 delegați din 17 state. Ca urmare a rezultatului votului asupra Documentului 37 (Central Office) 10, proiect de anexă C la Publicația IEC 99—1 ; Ghid pentru utilizarea descărcătoarelor cu rezistență neliniară în rețelele de curent alternativ ; acest document trebuia să fie revizuit din punct de vedere editorial și urma să se publice în luna iulie.

În continuare s-a discutat Documentul 37 (Secretariat) 16 : Al doilea proiect de revizie a Publicației 99—1 ; Recomandări pentru descărcătoare electrice — partea I ; Descărcătoare cu rezistențe neliniare pentru rețelele de curent alternativ. Cu privire la tensiunea de ținere, asigurată de anvelopa descărcătorului, s-a stabilit un chestionar la care țările interesate să răspundă în vederea stabilirii unui acord.

Relativ la încercarea sub poluție se constată că există două practici :

— Se contaminează (murdărește) izolatorul și se crește tensiunea aplicată pînă la conturare exterioară sau străpungere interioară.

— Se aplică tensiunea alternativă de valoare prescrisă și se murdărește progresiv descărcătorul.

S-a emis opinia că murdărirea anvelopei descărcătorului are drept efect o modificare a repartiției cîmpului electric în interiorul descărcătorului și deci o amorsare intempestivă. S-a stabilit ca delegații Angliei, U.R.S.S., Japoniei, Germaniei să pregătească documente comentate privind încercarea sub poluție.

S-a constituit o grupă de lucru pentru elaborarea recomandării privind încercarea sub poluție. Următoarea ședință va avea loc la Tokio, în anul 1965.

Gh. Hortopan

Lucrările Comitetului tehnic nr. 42, „Tehnica încercărilor de înaltă tensiune"

La lucrările acestui comitet au participat 58 delegați din 20 țări. Din partea țării noastre a participat conf. Gh. Hortopan.

S-au discutat următoarele documente :

— Documentul 42 (Secretariat) 10 : Propuneri de modificare a Publicației 60 (1962) ; Tehnica încercărilor de înaltă tensiune și

— Documentul 42 (Secretariat) 9 : Descărcări parțiale.

Cu privire la Documentul 42 (Secretariat) 10, majoritatea propunerilor au fost transmise grupei de lucru a comitetului. S-a menționat astfel necesitatea de a se defini mai bine tensiunea de ținere 50% și faptul că tensiunile de ținere 0 și 100% nu au semnificație fizică. În ce privește încercările sub ploaie s-a căutat să se unifice propunerile europene (cu orificiu drept) și cea americană (cu orificiu spiralizat), cerîndu-se ajutorul comitetului de studii CIGRÉ.

S-a propus introducerea unui paragraf nou în Publicația 60, cu privire la încercările sub poluție artificială, care pot fi de tipul salin sau de tipul industrial, dar se așteaptă mai întîi deciziile CIGRÉ.

S-a constatat lipsa unor recomandări cu privire la supratensiunile de comutație. În acest scop s-a format o grupă de lucru, care încă în timpul sesiunii a fixat obiectivele care urmează a le studia : forma supratensiunilor de comutație, definiții, metode de producere, circuite de măsură.

Delegatul romîn a propus normarea răspunsului la treapta unitară și a caracteristicii de frecvență a unui dispozitiv de măsură. Actualele prevederi ale Publicației 60 (fig. 11, pag. 86—87) admit un răspuns r (*t*) cu oscilații puternice, respectiv rezonanța în caracteristică de frecvență g (*f*). Ca urmare, se asigură măsura undei de impuls tăiate numai pînă în momentul tăierii, iar după tăiere oscilațiile care apar în oscilogramă nu pot fi identificate cu oscilații ale circuitului de încercare sau ale dispozitivului de măsură. Utilitatea înregistrării

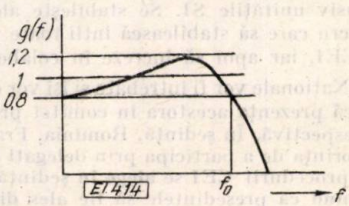


Fig. 1.

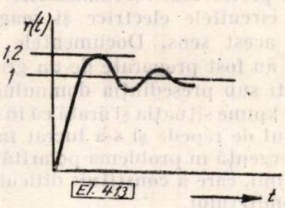


Fig. 2.

corecte a undei, după tăiere, rezidă în necesitatea determinării solicitărilor dielectrice la undă tăiată, în transformatoare și la izolatoare. Prin normarea răspunsului *r* (*t*) la valori ale oscilației 1, 2 (fig. 1) și a caracteristicii de frecvență *g* (*f*) în limitele 0,8 și 1,2 (fig. 2) se asigură o bună înregistrare a oscilațiilor după tăierea undei.

După figura 2, calitatea unui dispozitiv de măsură poate fi apreciată de frecvența f_0. Se pot admite clase de precizie după valorile frecvenței f_0 pentru care g $(f) = 0{,}8$, conform tabelei 2 :

Tabela 2

Clasa	Frecvența. MHz	Răspunsul, ns
1	7	15
2	5	20
3	3	50
4	1	100

Valorile din tabelă sînt numai indicatoare, urmînd ca pe baza experimentărilor din diferite laboratoare să se ajungă la un acord.

Cu privire la Documentul 42 (Secretariat) 9. În multe laboratoare de înaltă tensiune se acordă o mare importanță descărcărilor parțiale, întrucît ele constituie cauza îmbătrînirii izolației sau a inițierii străpungerii sau conturnării. Următoarele subiecte urmează a fi clasificate : descărcări disperse, descărcări sub formă de bășici în ulei, atenuarea fenomenului în înfășurări, localizarea descărcărilor parțiale, descărcări parțiale în timpul încercărilor în curent continuu și la impuls, descărcări parțiale în timpul încercărilor dielectrice standardizate.

Se poate considera ca un mare succes faptul că s-au definit în ședințe (delegatul italian Carrara) mărimile caracteristice necesare determinării descărcărilor parțiale ; care sînt următoarele :

— curentul mediu al unui impuls singular,

$$I = \frac{q}{T};$$

— curentul mediu pentru impulsuri de amplitudine egalar,

$$I = \frac{nq}{T};$$

— curentul mediu pentru n impulsuri de amplitudine diferite,

$$I = \frac{n}{T} \sum \frac{n_i}{n} q_i;$$

— curentul mediu, ținînd seamă de densitatea descărcărilor (q) și de numărul total n al descărcărilor,

$$I = \frac{n}{T} \int_0^{\alpha} \nu(q)\, q\, dq;$$

— debitul practic,

$$D = \frac{n}{T} \int_0^{\alpha} \nu(q)\, q^2\, dq;$$

— puterea impulsurilor,

$$P = \frac{1}{2} \cdot \frac{n}{T} \int_0^{\alpha} \nu(q)\, q U_i(q)\, dq.$$

S-a considerat că Documentul 42 (Secretariat) 9, privind descărcările parțiale, nu poate fi supus Regulii celor 6 luni și că este util ca secretariatul să prezinte un nou proiect la sesiunea de la Tokio din anul 1965. La această sesiune Comitetul 42 urmează să discute și proiectul privind descărcările parțiale.

Gh. Hortopan

Lucrările Subcomitetului tehnic nr. 31 A, „Carcase antideflagrante"

Lucrările Subcomitetului s-au desfășurat între 19 și 23 mai, sub președinția prof. L. Brison (Belgia). Au participat reprezentanți din 20 de țări, printre care și R.P. Română, R.S.C., R.P. Chineză și R.S.F. Iugoslavia. Celelalte țări socialiste nu au trimis delegați la acest subcomitet ; delegația germană a fost compusă din specialiști ai R.F.G.

Pe ordinea de zi a figurat revizuirea Publicației 79 (957) „Recomandări de construcție a carcaselor antideflagrante ale echipamentului electric". Ca bază de discuții a stat proiectul de recomandare elaborat de Secretariat și difuzat anterior Comitetelor Naționale.

Din partea R.P. Române s-a susținut punctul de vedere pregătit din țară și s-a participat la discutarea altor probleme puse în discuție de ceilalți participanți. Din punctul de vedere al țării noastre au fost acceptate :

1. Domeniul de aplicare
3. Clasificarea
5. Interstiții (cu unele modificări ale grupurilor) observația 2 (definiții), care a fost susținută și de alte delegații, nu a fost inclusă, deoarece s-a considerat că este de competența Comitetului tehnic 31 și nu a Subcomitetului 31 A. Observațiile privind marcajul și încercările nu au fost discutate, din lipsă de timp, dar s-a hotărît ca toate capitolele privind încercările să fie studiate de o grupă de lucru care să difuzeze redactarea finală, prin Secretariat, tuturor Comitetelor Naționale, conform Regulii celor 6 luni.

În ce privește proiectul de recomandare elaborat de Secretariat, el a fost examinat de toți participanții și discuțiile au fost deosebit de laborioase, întrucît, pe de o parte, recomandările naționale existente diferă foarte mult de proiect, iar pe de altă parte, proiectul elaborat de Secretariat nu a fost suficient aprofundat atît sub aspectul conținutului, cît și al redactării. Ca rezultat, s-au hotărît redactări noi și condiții tehnice noi ale carcaselor antideflagrante, care diferă fundamental de vechea publicație și de proiectul de recomandare al Secretariatului. În esență, noile recomandări hotărîte de Subcomitetul 31 A sistematizează mai bine gruparea carcaselor și valorile interstițiilor de protecție, apropiindu-se mult de spiritul VDE 0170 — 0171/57 și de normele de construcție valabile în R.P. Română, și nu diferă prea mult de recomandarea C.A.E.R. întocmită de Grupurile de lucru la Dresda, în august 1963, și aprobată de secția 10 C.A.E.R. la Erevan, în septembrie 1963, fără însă a fi identică.

— Prima hotărîre de principiu a Subcomitetului 31 A a fost aceea de a grupa carcasele în două mari grupuri, după destinații :

— grupul carcaselor destinate exploatărilor miniere (I) și
— grupul carcaselor destinate exploatărilor industriale de pe sol (II).

Această clasificare corespunde și STAS 6789-63 și recomandărilor C.A.E.R.

— A doua hotărîre de principiu a fost ca grupa carcaselor destinate exploatărilor industriale de pe sol să fie divizată în trei categorii (IIA, IIB, IIC), în care urmează să se încadreze gazele explozive. S-a considerat că gazele explozive, cunoscute pînă în prezent, pot fi grupate în IIA și IIB, subgrupa IIC fiind rezervată pentru gaze și amestecuri noi. Interstițiile s-au prevăzut pentru grupele I, IIA și IIB.

— A treia hotărîre de principiu a fost ca recomandarea să se refere numai la construcția carcaselor, urmînd ca folosirea lor în medii cu anumite gaze sau racordarea lor la instalații să se facă pe baza experienței existente și după recomandările Comitetelor Naționale. Această hotărîre s-a luat ca urmare a deosebirilor foarte mari ale punctelor de vedere exprimate în scris și oral la lucrările Subcomitetului. Secretariatul va prezenta, într-o anexă la noua recomandare, propunerea de clasificare a gazelor explozive.

Pînă la apariția recomandărilor CT 31, privind grupurile de aprindere (care în STAS sînt grupate în cinci clase G_1—G_5), s-a căzut de acord, tacit, ca această încadrare să rămînă la latitudinea standardelor naționale. Menționăm că delegația R.P.R. și delegația R.F.G. au avut pregătit același punct de vedere, și anume să susțină cele cinci grupuri prevăzute de VDE 0170—0171/57 și de STAS 6789—63.

Problema de bază a interstiţiilor, şi anume valoarea minimă şi maximă a lungimii şi grosimii acestora şi gruparea lor, cum şi gruparea volumelor amestecurilor explozibile, a consumat timpul cel mai mare al Subcomitetului. În final s-au adoptat valori însuşite în unanimitate exprimate tabelar şi care sînt înscrise în documentele de lucru redactate zilnic şi care se anexează la raport.

În timpul dezbaterilor, delegaţiile S.U.A. şi ale Canadei au susţinut ferm interstiţii diferite, sub aspectul concepţiei, de propunerile celorlalte ţări participante, şi anume valori foarte mici ale lungimii şi grosimii. S-a arătat că aceste interstiţii complică foarte mult tehnologia de fabricaţie şi întreţinerea utilajelor şi s-a demonstrat că cele două concepţii sînt echivalente din punctul de vedere al protecţiei la explozie, şi includerea lor în recomandare ar permite tuturor ţărilor să adopte valorile posibile din punctul de vedere al tehnologiei de fabricaţie, fără a se face discriminări la import-export. Delegaţiile S.U.A. şi ale Canadei s-au declarat de acord cu această propunere şi s-a consemnat în document.

Delegaţia R.F.G., care a participat activ şi constructiv la dezbateri, a arătat rezultatele încercărilor făcute la Dortmund cu privire la valorile maxime ale interstiţiilor de protecţie la explozie în mediul grizutos. Aceste valori pentru volume de amestec cuprinse între 100 şi 2 000 cm³ sînt :

$l = 5$ mm $d = 0{,}8$ mm
$l = 12{,}5$ mm $d = 1$ mm
$l = 25$ mm $d = 1{,}2$ mm

Aceste comunicări au determinat delegaţia Angliei să-şi modifice propunerile iniţiale care prevedeau la $l = 5$ mm, $d = 0{,}15$ mm (normat) şi care ar fi îngreuiat, nejustificat, tehnologia de fabricaţie.

În timpul lucrărilor Subcomitetului 31 A s-a pus în discuţie problema construcţiei carcaselor antideflagrante, destinate hidrogenului şi acetilenei. În acest domeniu, experienţa majorităţii ţărilor este slabă. La propunerea delegaţiei Franţei, delegaţiile S.U.A., Canadei, R.F.G., Angliei au făcut scurte expuneri asupra experienţei lor în acest domeniu. Rezumatul acestor expuneri este conţinut în Documentul 31 A (Secretariat) 10 A.

În timpul lucrărilor SC 31 A, s-au purtat discuţii cu unii delegaţi, privind limitele puterii motoarelor antideflagrante, realizate în ţările respective. În S.U.A., motoarele cu carcase antideflagrante se construiesc cu rulmenţi pînă la 200 CP. Motoarele de puteri mai mari se construiesc cu lagăre speciale şi sînt foarte costisitoare şi rar utilizate. Aceeaşi situaţie este şi în Franţa.

De asemenea, s-au antrenat discuţii cu privire la modul cum propun comitetele naţionale să asimileze în normele naţionale noua recomandare a CEI. Delegaţia R.F.G. (ing. Lüll) afirmă că în prezent în R.F.G. se studiază modificarea VDE 0170—0171/57. Pentru moment ei vor sista lucrările şi le vor relua după apariţia recomandării CEI. Delegaţia R.S.C. (ing. Pniak) este de acord că în urma apariţiei noilor recomandări CEI va fi necesară rediscutarea recomandării C.A.E.R. apobată de secţia a 10-a C.A.E.R. în anul 1963, eventual chiar înainte de intrarea ei în vigoare, pentru a se pune de acord cu noile recomandări CEI.

Capitolele privind încercările nu au putut fi discutate din lipsă de timp. S-a format o grupă de lucru compusă din : Franţa, S.U.A., Anglia, Germania, care urmează să elaboreze o nouă redactare şi care, după discutarea în Comitetele Naţionale (Regula de 6 luni), să fie inclusă în Publicaţia CEI ca document unic, împreună cu recomandările de construcţie.

În ce priveşte corpurile de iluminat antideflagrante, acestea figurau în mod vag la capitolul 13 din actuala Publicaţie CEI 79 (1957) ; în noul proiect Secretariatul nu a mai tratat acest capitol şi nici nu s-au putut purta discuţii de fond în SC 31 A. S-a hotărît ca Secretariatul, ajutat de delegaţia R.F.G., să trateze şi corpurile de iluminat în noua recomandare şi să fie transmisă redactarea Comitetelor Naţionale pentru a fi supusă aprobării conform Regulii celor 6 luni.

S-a discutat separat cu preşedintele CT 31 (prof. Brison) şi cu şeful delegaţiei Franţei (ing. F. Vin) problema protecţiei împotriva pulberilor inflamabile, care este deosebit de importantă pentru industria alimentară şi cerealieră. S-a confirmat actualitatea acestei probleme, dar, deoarece ea este legată nu numai de carcasa antideflagrantă propriu-zisă, ci şi de tipul de protecţie a carcasei împotriva apei şi prafurilor, de sistemul de ventilaţie, de temperatura ambiantă etc., s-a apreciat că problema este într-adevăr de competenţa CT 31 şi că va fi luată în studiu sub forma unor instrucţiuni tehnice de construcţie şi exploatare a echipamentului electric în mediu cu pulberi inflamabile.

V. Ciofu

CZ 061.4 : 62 (497).1) : (498.11) „1964"

Expoziţia industrială iugoslavă

Bucureşti, 1964

Pentru prima oară, în ţara noastră, a fost organizată, în acest an la Bucureşti, o expoziţie industrială a Republicii Socialiste Federative Iugoslavia.

Cu această ocazie poporul romîn a avut prilejul să cunoască această ţară prin realizările economiei sale, dobîndite în condiţiile orînduirii socialiste noi, de după război.

Această expoziţie, organizată într-un moment cînd relaţiile de colaborare şi prietenie între ţara noastră şi R.S.F. Iugoslavia sînt în plină înflorire, a constituit încă un prilej de intensificare a acestei colaborări reciproc avantajoase.

Expoziţia industrială a R.S.F. Iugoslavia a fost organizată la sfîrşitul lunii iulie şi începutul lunii august, în sala sporturilor „Floreasca", pe o suprafaţă de peste 1800 m². La expoziţie au fost prezentate peste 2500 exponate de către 18 întreprinderi de comerţ exterior din R.S.F. Iugloslavia.

O bună parte din expoziţie a fost destinată prezentării de produse ale industriei electrotehnice, unde au expus întreprinderile specializate în această ramură. Dintre acestea amintim cîteva mai importante.

Industria electronică din Niş a expus o colecţie de radioreceptoare şi televizoare ca :

— televizorul RR TV 865 (59 cm) cu reglaj automat al tensiunii înalte şi al poziţiei orizontale şi verticale a imaginii, înzestrat cu dispozitiv pentru comanda de la distanţă ;

— radioreceptoarele Simfonia, Concert - stereo, Bambi etc. — radioreceptoare moderne cu tranzistoare sau cu tuburi electronice, alimentate de la reţea sau cu baterii.

Întreprinderea industrială „Elrad" produce un foarte bogat sortiment de antene dintre care a prezentat, la expoziţia din Bucureşti, cîteva modele de antene de cameră şi de exterior.

Mai multe întreprinderi electrotehnice, care produc articole de uz casnic şi articole de larg consum, au prezentat cîteva dintre produsele lor ca : frigidere, maşini de spălat şi uscat rufe, centrifuge pentru storsul rufelor, încălzitor infraroşu tip 360, ventilator de masă şi de tavan, aspiratoare de praf, vitrina frigorifică pentru autoservire tip „Sava", maşina electrică de tăiat mezeluri etc.

Un mare număr de produse au fost prezentate de una dintre cele mai importante firme ale industriei electrotehnice iugoslave „Iskra" — industrie pentru electromecanică, telecomunicaţii, electronică şi produse automate.

Dintre produsele industriei „Iskra" amintim : contoare de inducţie monofazate şi trifazate, stabilizatoare de tensiune, instrumente de măsură, contactoare, aparate telefonice, produse electrice pentru automobile etc. La această expoziţie, industria „Iskra" a expus numai o parte din cele mai caracteristice produse ale sale.

Au mai fost prezentate produse ale altor firme comerciale ca : robinete pentru instalaţii frigorifice ; dulapuri frigorifice folosite în alimentaţia publică, spitale, laboratoare etc. ; boilere electrice.

În afară de produse ale industriei electrotehnice, care ne-au interesat pe noi, în special, au mai fost expuse produse ale

tuturor ramurilor industriale ca : industria construcţiilor de maşini (freze universale, maşini de polizat şi lustruit, maşini de rabotat prin copiere etc.), industria de prelucrare a lemnului, industria alimentară, industria textilă şi a pielăriei etc.

Vizitatorii romîni au apreciat înalta calitate şi marea varietate a produselor prezentate de industria iugoslavă, expresie a rezultatelor importante obţinute de popoarele iugoslave în dezvoltarea industrială a ţării.

Cu această ocazie s-a constatat încă o dată că există posibilitatea obiectivă ca schimburile de mărfuri să se extindă simţitor şi să crească în perioada următoare. Astfel, s-a hotărît să se facă de pe acum pregătiri pentru încheierea unui nou acord pe termen lung pe perioada dintre anii 1966—1970.

În dezvoltarea colaborării economice dintre cele două ţări vecine, un loc aparte îl ocupă colaborarea cu succes, timp de mai mulţi ani, la rezolvarea problemelor complicate tehnice şi financiare în jurul construirii comune a sistemului hidroenergetic şi de navigaţie de la Porţile de Fier.

Toţi aceşti factori vor acţiona favorabil asupra dezvoltării directe a relaţiilor economice dintre Republica Populară Romînă şi R.S.F. Iugoslavia. C.D.

CZ 061.4(43) Leipzig „1964"

Tîrgul internaţional de la Leipzig

6—13 septembrie 1964

Ca în fiecare an, Tîrgul internaţional organizat în toamna aceasta la Leipzig, a constituit un prilej de confirmare a celor mai noi realizări în tehnica mondială şi îndeosebi în industria bunurilor de larg consum, deoarece s-a caracterizat prin a fi un tîrg al industriei bunurilor de larg consum.

Organizat în spiritul tradiţiei celor 799 tîrguri internaţionale care au avut loc în acest mare centru al industriei şi comerţului, a prilejuit o întîlnire a reprezentanţilor unor firme industriale şi comerciale, specialişti şi ziarişti, în ajunul celei de-a 800-a aniversări, care se va ţine la începutul anului 1965.

Acest tîrg a cuprins peste 6 500 exponate din peste 50 de ţări, pe o suprafaţă de 120 000 m².

În afara bunurilor de larg consum au mai fost expuse articole din diverse ramuri tehnice ca : aparate electrotehnice şi electronice, maşini de birou, aparate optice şi altele.

Ţările socialiste au ocupat o mare parte din suprafaţa tîrgului şi s-au evidenţiat printr-un mare şi foarte variat număr de produse industriale, participînd aproape la fiecare din cele 30 grupe de articole.

Astfel, Uniunea Sovietică, R.S. Cehoslovacă, R. P. Polonă, R.S.F. Iugoslavia, R.P. Ungară şi ţara noastră au prezentat o mare gamă de produse ale industriei textile, alimentare, bunuri de larg consum, instrumente muzicale, articole de sport, aparate electrice de uz casnic etc.

De asemenea, un eveniment foarte important îl constituie participarea, pentru prima dată la acest tîrg, a Republicii Cuba, a cărei industrie începe să se impună şi pe plan extern.

Din partea Republicii Populare Romîne au fost prezenţi specialişti şi reprezentanţi ai unităţilor din comerţul exterior, ca : „Prodexport", „Fructexport", „Maşinimport, „Exportlemn" ş.a.

Tot la acest tîrg, ţara noastră a fost reprezentată prin două birouri de informaţii care zilnic au fost vizitate de un mare număr de participanţi.

Şi ţări capitaliste, cu o industrie puternic dezvoltată, ca Anglia, Franţa, Italia, Suedia, Olanda, Finlanda etc. au participat la acest tîrg cu variate produse ale industriei alimentare, textile, farmaceutice etc.

Aici s-au încheiat nenumărate contracte economice între state cu sisteme economice diferite. S-au ţinut peste 20 conferinţe şi consfătuiri cu diverse teme tehnico-ştiinţifice de actualitate.

În felul acesta, recentul tîrg internaţional de la Leipzig, prin conţinutul său, a constituit o competiţie a celor mai noi realizări ale ştiinţei şi tehnicii, în scopul bunăstării omului, în scopul destinderii internaţionale, în scopul dezvoltării comerţului liber internaţional. M.C.

CZ 061.4(437) Brno „1964"

Tîrgul internaţional de la Brno

6—20 septembrie 1964

În toamna acestui an a fost organizat, la Brno, al şaselea Tîrg internaţional de mostre, avînd ca scop prezentarea celor mai noi realizări şi a celor mai moderne produse ale industriei construcţiilor de maşini din întreaga lume. Au participat la acest tîrg 16 delegaţii guvernamentale şi specialişti, oameni de afaceri, ziarişti din toate ţările lumii.

Au fost expuse peste 1100 produse a 620 de firme din 36 de ţări industrializate. Numărul exponatelor prezentate la tîrgurile internaţionale de la Brno a crescut simţitor an de an faţă de prima organizare, din 1959, cînd au fost expuse un număr de 432 de produse.

O caracteristică importantă a modului cum a fost organizat tîrgul de la Brno din toamna acestui an este aceea că produsele au fost expuse în 12 grupe, după destinaţia lor şi nu după provenienţă, creîndu-se astfel posibilitatea unei juste aprecieri din punctul de vedere al calităţii şi nivelului tehnic la care au ajuns industriile ţărilor din lumea întreagă.

Cîteva grupe mai importante au fost următoarele :

— maşini-unelte şi maşini cu accesorii ;

— maşini şi instalaţii pentru industria chimică şi alimentară ca : instalaţii frigorifice, maşini şi instalaţii pentru fabricile de azot, pentru fabricile de cauciuc şi materiale plastice, instalaţii petroliere ;

— tractoare şi maşini agricole ;

— maşini şi instalaţii pentru industria textilă ;

şi, în sfîrşit, grupa care ne interesează mai mult a fost grupa de produse ale industriei electrotehnice şi electronice, electrotehnica curenţilor tari, redresoare cu Si, transformatoare, aparate şi diverse alte produse electronice. În această grupă au fost expuse ultimele noutăţi ale tehnicii în acest domeniu ca : tehnica de măsurare în televiziune, tehnica de măsurare de laborator, telemăsurarea în construcţia de maşini şi automatizarea în industrie cu ajutorul electronicii şi al semiconductoarelor. Din volumul total al produselor electronice prezentate la acest tîrg, 15 % au fost noutăţi realizate la cel mai înalt nivel tehnic.

Dintre ţările participante la acest tîrg s-a remarcat grupul ţărilor socialiste : Uniunea Sovietică, R.D. Germană, R.P. Polonă, R.S.F. Iugoslavia, R.P. Ungară etc.

Şi ţara noastră a avut noi contribuţii prin prezentarea realizărilor înregistrate în anul 1963 şi prima jumătate a anului 1964.

Dintre ţările capitaliste s-a remarcat, printr-o bogată participare, Anglia, Italia, Franţa, Suedia etc.

De la mari depărtări au sosit produse şi reprezentanţi la Tîrgul de la Brno din toamna acestui an şi anume : din Statele Unite ale Americii şi din Japonia.

Ţara gazdă a avut o contribuţie importantă printr-o bogată participare cu produsele diferitelor sale întreprinderi industriale şi printr-o frumoasă organizare a tîrgului şi a tradiţionalului program de activitate ştiinţifică, prin numeroase conferinţe şi simpozioane.

Au fost organizate trei simpozioane ştiinţifice la care s-au discutat interesante probleme, dintre care amintim :

— maşinile de prelucrare a informaţiilor ;

— automatizarea şi mecanizarea instalaţiilor pentru apă.

În această perioadă a fost organizată, la Brno, şi cea de-a treia conferinţă internaţională a redactorilor presei tehnice la care au participat redactori ai presei tehnice şi ziarişti din întreaga lume.

Cu ocazia Tîrgului internaţional de la Brno din toamna, acestui an, s-a creat încă o dată posibilitatea de a se încheia tratate comerciale între reprezentanţii diferitelor state, s-a creat posibilitatea comparării şi popularizării succeselor înregistrate de industria constructoare de maşini din întreaga lume.

C.D.

SCURTE ŞTIRI

Intrebuinţarea unui redresor cu siliciu de 8 000 A, 470 V la alimentarea comenzii de secţie a unei maşini pentru fabricarea hîrtiei. Comanda unei maşini mari pentru fabricarea hîrtiei de ziar, construită recent la Koipola, în Finlanda, este alimentată de un redresor cu siliciu de 8 000 A, 470 V. Pentru reglajul vitezei, acest redresor este legat în serie cu două generatoare de c.c., unul survoltor şi altul devoltor, pentru o tensiune continuă de $\pm$ 160 V şi un curent total de 6 000 A cu funcţionarea în paralel. Tensiunea la bare poate deci fi reglată între 630 şi 310 V, iar puterea nominală este de 3 800 kW la tensiunea maximă de ieşire.

Deoarece cele două generatoare furnizează numai un sfert din puterea totală, randamentul de transformare a ansamblului este foarte ridicat (94%). Simplitatea construcţiei, cerinţele mici în legătură cu mînuirea instalaţiei, spaţiul şi condiţiile de răcire constituie tot atîtea avantaje ale redresorului cu siliciu.

O altă caracteristică foarte importantă este insensibilitatea comenzilor de secţie la variaţiile de sarcină. De exemplu, în cazul motoarelor uscătorului, o variaţie bruscă a sarcinii de 50 kW cauzează numai o variaţie tranzitorie a vitezei de 0,015% faţă de viteza maximă de 900 m/min.

Electrotecnica, nr. 3, 1964

Electromagneţi supraconductori. Un electromagnet supraconductor pentru 30 000 Gs, construit de firma Westinghouse, a fost instalat în Laboratoarele Bell. Deşi nu are intensitatea de cîmp a altor aparate analoge, acesta poate fi considerat cel mai mare electromagnet supraconductor pentru uz industrial, pus pînă acum în serviciu Electromagnetul are un diametru interior de circa 10 cm şi este construit pentru curentul nominal de 13,8 A ; poate produce un cîmp pînă la 34 000 Gs, la alimentarea cu 15,6 A. Solenoidul cîntăreşte 11,5 kg, este lung de 37 cm şi are diametrul exterior de 15,5 cm ; inductanţa este de 105 H, iar energia acumulată 10 000 Ws. Cîmpul are o uniformitate de 8% în interiorul unei sfere cu diametrul de 10 cm. Magnetul este destinat pentru încercări asupra materialelor supraconductoare.

Tot firma Westinghouse a realizat doi electromagneţi supraconductori, capabili să genereze cîmpuri de 100 000 Gs. Primul funcţiona la o temperatură de 1,8°K, avînd un solenoid din fir de niobiu-staniu extrem de fragil. Acest inconvenient a fost învins prin întrebuinţarea la al doilea electromagnet a unui fir din niobiu-titan, care a suportat probe repetate de suprimare bruscă a cîmpului magnetic (aceasta determină solicitări mecanice, care tind să rupă firul). Noul electromagnet este constituit din trei secţiuni, aşezate una în interiorul alteia ; în total, înfăşurarea are 32 km de fir supraconductor, cu diametrul unui fir de aţă. Aliajul niobiu-titan este asemănător, din punctul de vedere al ductibilităţii şi prelucrării, cu aliajul niobiu-zirconiu (întrebuinţat la alţi electromagneţi), dar poate suporta curenţi mult mai intenşi, în cîmpuri mai mari decît 100 000 Gs. Magnetul are un diametru exterior de 17,5 cm şi o lungime de 15 cm ; cavitatea interioară, în care se asigură 100 000 Gs, are un diametru de 3 mm. Magnetul funcţionează în mediu răcit cu heliu lichid, avînd nevoie numai de o simplă baterie de acumulatoare auto.

Elettrotecnica, nr. 4, 1964

O transmisie de foarte înaltă tensiune şi foarte mare putere de curent continuu se proiectează în Canada, cu scopul de a pune în valoare sursele hidroenergetice mari din sud-estul ţării. Puterea CHE din Labrador, instalată pe rîul Hamilton, se evaluează la 4,5 GW, iar energia produsă anual, la peste 33 TWh. Zona consumatoare prevăzută — Montreal şi New York — se află la 1 000, respectiv 1 500 km. Curentul continuu are avantajul că energia circulă într-o singură direcţie, iar cele două zone de consumaţie se află în aceeaşi direcţie, spre sud-vest de surse. Se întreprind studii intense pentru stabilirea datelor fundamentale ale transmisiei.

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU ; prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, membru coresp. al Acad. R.P.R. ; acad. dr. ing. A. AVRAMESCU — redactor responsabil ; ing. V. BUNEA ; ing. V. CIOFU ; prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU ; ing. AL. GRECEANU ; ing. ŞT. GROSU ; conf. ing. G. HORTOPAN — redactor responsabil adjunct ; conf. ing. G. LAZARIDE ; ing. A. POPA ; prof. ing. CRISTINA POPESCU ; ing. VL. POPOVICI ; acad. prof. dr. ing. R. RĂDULET ; ing. ST. ŢIGANETEA ; ing. R. VLĂDOIANU.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Ministerului Industriei Construcţiilor de Maşini şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. — Redacţia şi administraţia, Bucureşti, str. Ion Ghica nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu. Telefon: 13.84.16. Revista este editată de M.I.C.M. Abonamentele se primesc la administraţia revistei. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicaţiile tehnice M.I.C.M. — cont 026002 B.R.P.R. — Filiala 30 Decembrie, Bucureşti. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual ; tarif pentru muncitori tehnicieni şi ingineri ; lei 30 anual. Costul unui exemplar lei 5 Tiparul: Intreprinderea „Informaţia", str. Brezoianu nr. 23—25, Bucureşti, c. 4171.

41 400

SOMMAIRE

CD 621.372.2.011.1 : 512.831

Pololea, E. : **Les équations matricielles des réseaux électriques.**

Electrotehnica 12, no. 11, novembre 1964, p. 405–412

On écrit les équations de fonctionnement des réseaux électriques à l'aide des matrices d'incidence de la théorie du graphe. On obtient ainsi systématiquement les différentes formes des équations topologiques et on parvient à certaines nouvelles formes qui sont très utiles pour l'étude des réseaux électriques à courants dans les noeuds.

CD 621.315.619.3.017.73.002.2

Nicola, Gr. et *Şonfeleanu, M.* : **Nouveaux types de poudres à presser possédant une haute stabilité thermique et de bonnes propriétés mécaniques pour des fins électrotechniques.**

Electrotehnica 12, no. 11, novembre 1964, p. 413–420

On présente certains nouveaux types de poudres à presser réalisés à l'Institut roumain de Recherches et de Projets Electrotechniques, élaborés à partir des résines phénol — ou crésolformaldéhydes modifiées à l'aide de matériaux auxiliaires de nature inorganique (verre et asbeste), nécessaires pour la construction des machines et des appareils électriques pour lesquels on requiert de hautes propriétés thermiques, de bonnes propriétés mécaniques et d'excellentes propriétés électriques, dans des conditions normales, aux hautes températures et dans des milieux à humidité élevée.

De même, on présente les résultats obtenus en déterminant les propriétés mécaniques, thermiques et électriques, dans des conditions normales, aux hautes températures ainsi qu'à l'humidité.

CD 621.318.22 : 538.652 : 621.373.421.13

Friedman, Al. : **Ferrites magnétostrictives.**

Electrotehnica 12, no. 11, novembre 1964, p. 420–426

On présente les applications des ferrites magnétostrictives pour les traducteurs magnétostrictifs. On spécifie les propriétés de ces ferrites, ainsi que l'influence de leur composition et du procédé de préparation sur les qualités de la ferrite. On indique aussi les élements constructifs des traducteurs magnétostrictifs, ainsi que leurs applications.

CD 621.317.333.6.017.21.035.2

Berinde, V. : **L'influence des électrodes utilisés pour déterminer la permittivité et la tangente de l'angle des pertes des matériaux plastiques.**

Electrotehnica 12, no. 11, novembre 1964, p. 426–428

On présente le stade actuel de la technique des mesurements du facteur des pertes et de la permittivité, ainsi que les résultats des recherches effectuées par l'auteur à l'Institut roumain de Recherches et de Projets Electrotechniques, en utilisant différents types d'électrodes.

COMPTES RENDUS 429–432

EXTRAITS 432–435

CHRONIQUE 435–443

BRÈVES NOUVELLES 444

CONTENTS

DC 621.372.2.011.1 : 512.831

Potolea, E. : **The matrix equations of electrical networks.**

Electrotehnica 12, nr. 11, november 1964, p. 405–412

The working equations of electrical networks are written by means of the incidence matrices from the graph theory. Different forms of the topological equations are systematically obtained as well as some new forms which appear to be useful in studying the electrical networks with currents at the nodes.

DC 621.315.619.3.017.73.002.2

Nicola, Gr. and *Şonfeleanu, M.*: **New moulding powder types with high thermic stability and good mechanical properties for electrotechnical purposes.**

Electrotehnica 12, nr. 11, november 1964, p. 413–420

The authors present some new types of electrotechnical moulding powders achieved at the I.C.P.E.

These powders, which are based on phenol-formaldehyde or cresol-formaldehyde resins modified with fillings of inorganic nature (glass and asbestos), are necessary for the construction of electric machines and apparatus requiring good thermic and mechanical properties and excellent electric properties under normal as well as high temperature and moisture conditions.

Some information is also given concerning the results obtained by determining the mechanical, thermic and electric properties under normal conditions and at high temperatures and moistures.

DC 621.318.22 : 538.652 : 621.373.421.13

Friedman, Al. : **The magnetostrictive ferrites.**

Electrotehnica 12, nr. 11, november 1964, p. 420–426

The applications of magnetostrictive ferrites to magnetostrictive transducers are presented. After describing the properties of these ferrites and the influence of the composition and manufacturing technique on their qualities, the author discusses the constructive elements of the magnetostrictive transducers and their applications.

DC 621.317.333.6.017.21.035.2

Berinde, V. : **The influence of the electrodes used to determine the permittivity and the tangent of the loss angle of plasties.**

Electrotehnica 12, nr. 11, november 1964, p. 426–428

The present stage of the measuring techniques of the loss factor and permittivity is described and the results given of the experiments carried out by the author at the I.C.P.E. with different types of electrodes.

REVIEWS 429–432

ABSTRACTS 432–435

CHRONICLE 435–443

BRIEF NEWS 444

TITLURI DOCUMENTARE

CZ 621 3

ELECTROTEHNICĂ GENERALĂ

CZ 621.3.0.49.75

Baptiste, J.J. : **Folosirea materialelor stratificate pentru circuite imprimate.** În : Electron. Profess. **33**, nr. 336, martie 1964, p. 75—77, 3 fig.

CZ 621.3.049.75 : 621.326.6

Haine, R. : **Metodă de fabricare a schemelor imprimate pentru scopuri de laborator şi unicate.** În : Elektron. nr. 3, martie 1964, p. 42—43, 9 fig., 1 tabl., 3 ref. bibl.

CZ 621.3.072.1 : 621.316.721

Lebedev, V.I. : **Stabilizatoare de curent echipate cu tranzistoare.** În : Izv. V.U.Z. Radiotehnika **7**, nr. 1, ian—febr 1964, p. 12—20, 6 fig., 5 ref. bibl.

CZ 621.313

MAŞINI ELECTRICE DE CURENT CONTINUU ŞI ALTERNATIV. GENERATOARE. MOTOARE

CZ 621.313.2 : 621.316.7 : 538.632

Bednarek, S. şi *Czajkowski, J.* : **Utilizarea traductoarelor Hall pentru studiul cîmpurilor magnetice la maşinile electrice de curent continuu.** În : Wiad Elektrotechn. **32**, nr. 1, ian 1964, p. 12—15, 9 fig.

CZ 621.313.2 : 621.375.3

Borovikov, M. A. : **Procesele tranzitorii ale motorului electric de curent continuu în sistemul motor electric-amplificator magnetic cu autosaturaţie.** În : Izv. V.U.Z. Elektromehanika **7**, nr. 1, ian 1964, p. 53—59, 6 fig., 5 ref. bibl.

CZ 621.313.333.2

Anderson, E.C. : **Stadiul de dezvoltare a motoarelor trifazate cu rotor în colivie pentru puteri mari.** În : AEG—Mitt. **54**, nr. 1/2, 1964, p. 8—23, 26 fig., 21 ref. bibl.

CZ 621.313.333.2 — 181.4

Richter, A. şi *Kock, I.* : **Micromotoarele cu rotor în colivie-Particularităţi de construcţie, de funcţionare, calcul şi compor, tare la zgomot.** În : AEG—Mitt. **54**, nr. 1/2, 1964, p. 64—70. 15 fig., 26 tabl.

CZ 621.314

TRANSFORMAREA ENERGIEI ELECTRICE. TRANSFORMATOARE. CONVERTIZOARE. REDRESOARE

CZ 621.314.21 — 181.4.004.69

Collins, J.R. : **Noi aspecte în problema transformatoarelor.** În : Electron. Wld. **71**, nr. 3, martie 1964, p. 36—38, 6 fig.

CZ 621.314.6 : 621.319

Meek, J.E. : **Curentul alternativ maxim admisibil în condensatoarele electrotehnice.** În : Electro-Technol. **73**, nr. 1, ian 1964, p. 104—107, 3 fig.

CZ 621.315

TRANSMISIA ENERGIEI ELECTRICE. LINII AERIENE. CABLURI SUBTERANE. CONDUCTOARE. MATERIALE IZOLANTE

CZ 621.315.1/3 : 621.395.73

Cermak, J. : **Calculul proprietăţilor de transmisie ale liniilor de cabluri de joasă frecvenţă în cazul transmiterii cu frecvenţă înaltă şi cu impulsuri.** În : Slaboproudy Obz. **25**, nr. 3, martie 1964, p. 139—144, 11. fig., 3 tabl., 17 ref. bibl.

CZ 621.315.1.027.3 : 621.391.82.029.5

Pfaler, C.E. : **Calcularea prealabilă a perturbaţiilor de înaltă frecvenţă produse de liniile de înaltă tensiune.** În : Elektrotech. Z. (ETZ—A), nr. 9, 1 mai 1964, p. 261—266, 6 fig., 3 ref. bibl.

CZ 621.315.229 :669.71

Moskalewski, T. : **Aluminiu ca material pentru mantale de cabluri.** În : Wiad. Elektrotechn. **32**, nr. 2, febr 1964, p. 37—38, 2 tabl.

CZ 621.315.612.2 : 666.593

Vanina, L.L. ş.a. : **Noi acoperiri pentru înlăturarea defectelor de glazurare ale izolatoarelor.** În: Steklo i Keramika **21**, nr. 2, martie 1964, p. 23—26, 2 tabl., 2 ref. bibl.

CZ 621.315.616.96.019.3 : 678.743.22

Breilmann, W. : **Variaţia izolaţiei sintetice** (p.v.c.) **provocate de o forţă permanentă şi ridicată în curent continuu.** În : Elektrotechn. Z. (ETZ—A) **85**, nr. 12, 12 iunie 1964, p. 381—382, 4 fig.

CZ 621.316

DISTRIBUŢIA ENERGIEI ELECTICE. REŢELE DE DISTRIBUŢIE. DESCHIDEREA ŞI ÎNCHIDEREA CIRCUITELOR. REGLAREA MĂRIMILOR ELECTRICE. PROTECŢIA APARATELOR

CZ 621.316.3.9

Scheller : **Despre unele probleme de bază ale construcţiei aparatajului de curenţi tari.** În : Elektrie **18**, nr. 3, martie 1964, p. 73—74.

CZ 621.316.54

Blythe. M.C. : **Intreruptoare de sareini pentru înaltă tensiune.** În : Electr. Rev. **174**, nr. 10, martie 1964, p. 364—366, 9 fig.

CZ 621.316.54

Hudspeth, R.A. : **Intreruptoare de putere cu limitarea curentului. Noi posibilităţi în sistemele de medie tensiune.** În : Electr. Rev. **174**, nr. 12, 20 martie 1964, p. 434—436, 5 fig.

CZ 621.316.542

Hellwin, F. : **Un nou centru de dezvoltare a întreruptoarelor de mare putere.** În : Electro-Anz. **17**, nr. 7, martie 1964, p. 19—22, 11 fig.

CZ 621.316.7 : 621.382.3

Mc. Pherson, J.W. : **Dispozitive de reglare cu tranzistoare.** În : Electron. Engng. **36**, nr. 433.

CZ 621.316.722 : 621.382.3

Gunzel, K. : **Probleme care intervin la proiectarea circuitului de reglare a surselor stabilizate echipate cu tranzistoare.** În : Elektron. Rdsch. **18**, nr. 3, martie 1964, p. 129—133, 7 fig., 1 tabl., 6 ref. bibl.

CZ 621.317

TEHNICA MĂSURILOR ELECTRICE. APARATE DE MĂSURĂ

CZ 621.317.39 : 531.775 : 538.632

Kucis, E şi *Iazbutis, T.* : **Tahometru bazat pe efectul Hall.** În : Radio, nr. 3, martie 1964, p. 26—27, 1 fig.

CZ 621.317.715 : 621.314.2

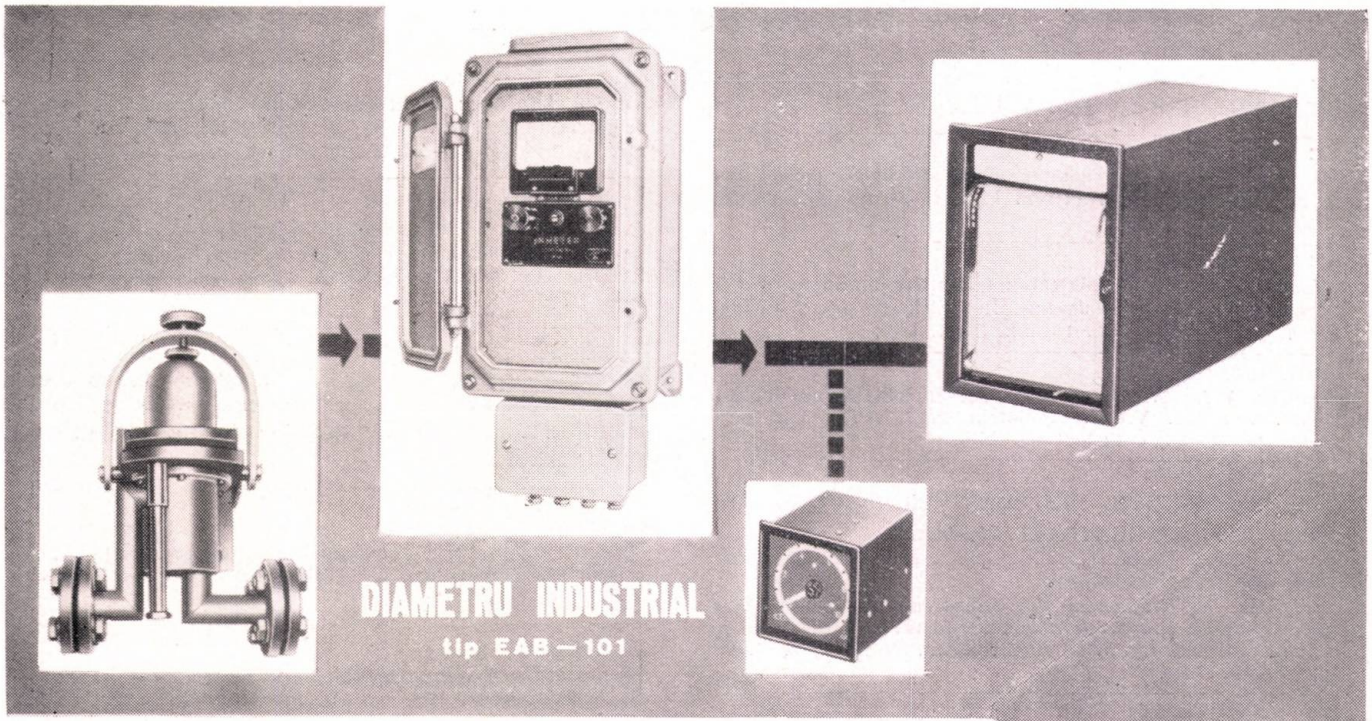
Richter, H. : **Noi tipuri de elemente de reţea pentru alimentarea cu tensiune înaltă a osciloграfelor catodice.** În : Elektrotechnik-Industrie Elektronik **46**, nr. 7, 4 martie 1964, p. 1—3, 2 fig.

CZ 621.317.727 : 621.38

Utilizarea potenţiometrelor electronice în industrie. În : Monit. Profess. Electr. Electron. nr. 10, febr 1964, p. 58—62, 18 tabl.

CZ 621.317.755 : 621.316.5 : 621.385

Dodonov, E. : **Comutator electronic cu mai multe canale.** În : Radio, nr. 3, martie 1964, p. 50—51, 1 fig.



DIAMETRU INDUSTRIAL
tip EAB — 101

În procedeele chimice de fabricaţie, aparatul asigură o calitate constantă cu un minimum de pierderi de materiale. Stabilitatea sa este garantată de amplificatorul dotat cu vibrocondensator, de compensarea automată a temperaturii şi de faptul că nu conţine nici un condensator electrolitic.
Acest aparat de precizie este insensibil, în mare măsură, la influenţele externe; el este montat într-o cutie de fontă care se închide ermetic.

Limitele standard de măsură, 2 – 12 pH.
Clasa de poziţie, 0,1 pH.
Compensarea automată a temperaturii, 0—100°C.
Gama semnalului de ieşire, 0—5 mA c.c.

În şirurile de reglare cu semnal de consemn de 0 – 5 mA, aparatul poate fi folosit ca transmiţător — pH.

METRIMPEX
ÎNTREPRINDERE UNGARĂ PENTRU COMERŢUL EXTERIOR DE INSTRUMENTE
Scrisori: Budapesta 62. Căsuţa postală 202. Ungaria
Telegrame: INSTRUMENT BUDAPEST — Telex: 677

METRIMPEX M BUDAPEST

Abonaţi-vă

PE ANUL

1965

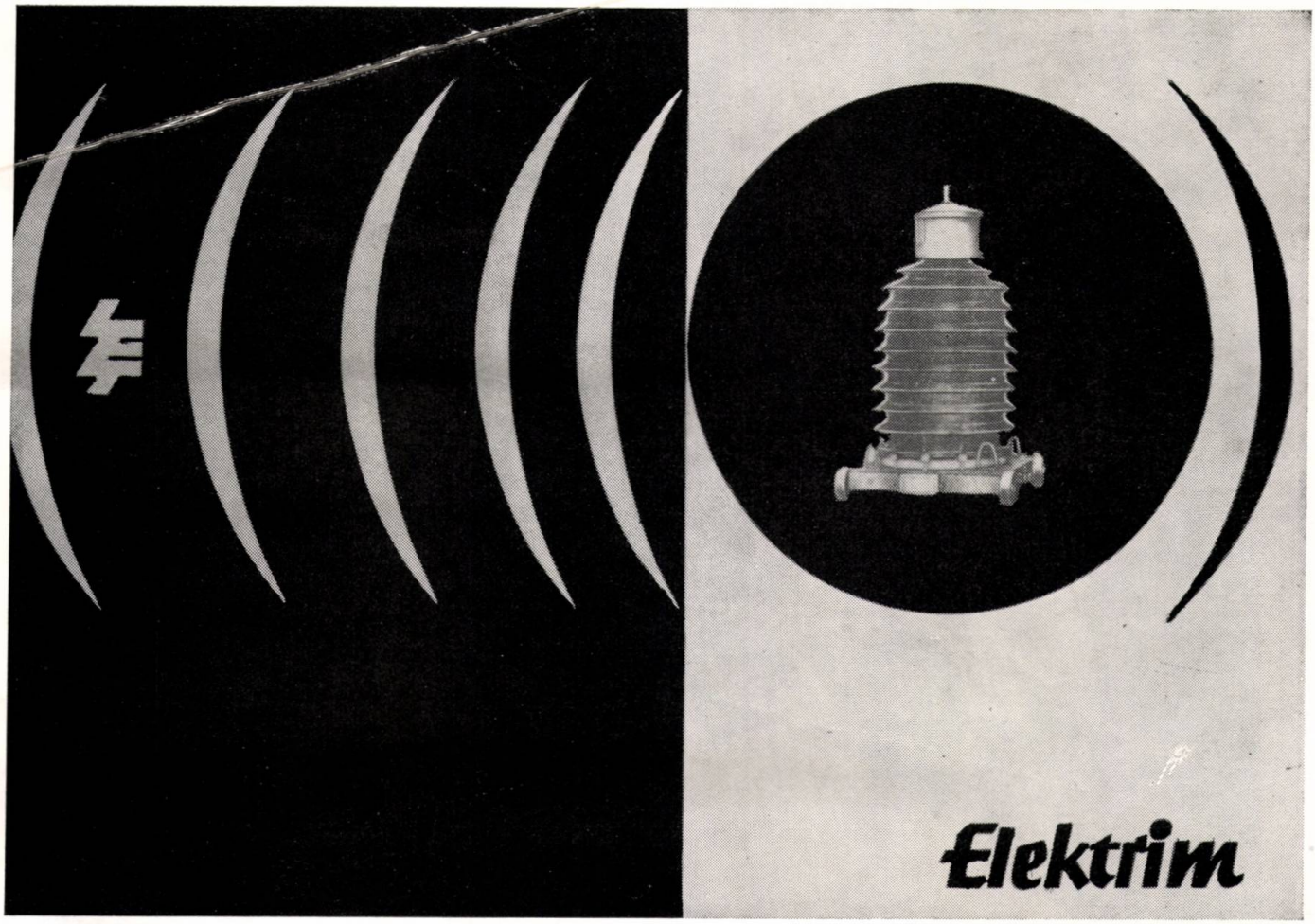
la revistele:

ELECTROTEHNICA

AUTOMATICA ŞI ELECTRONICA

CONSTRUCŢIA DE MAŞINI

I. P. I. — c. 4171



APARATAJ DE ÎNALTĂ TENSIUNE

Echipament complet pentru staţii de distribuţie energetice şi industriale

Întreruptoare pînă la 123 kV
Separatoare de putere pentru 6, 10, 20 kV
Separatoare pînă la 220 kV
Siguranţe pînă la 35 kV
Transformatoare de curent şi de tensiune pînă la 400 kV
Paratrăsnete împotriva supratensiunilor pînă la 400 kV

EXPORTATOR EXCLUSIV:

SOCIETATEA POLONĂ DE COMERŢ EXTERIOR PENTRU ELECTROTEHNICĂ. SOCIETATE CU DOMENIU LIMITAT

Elektrim

Varşovia, str. Czackiego 15/17 — POLONIA
Telex: 81 — 347 — Căsuţa poştală 638

SUBSTANȚE FLUORESCENTE

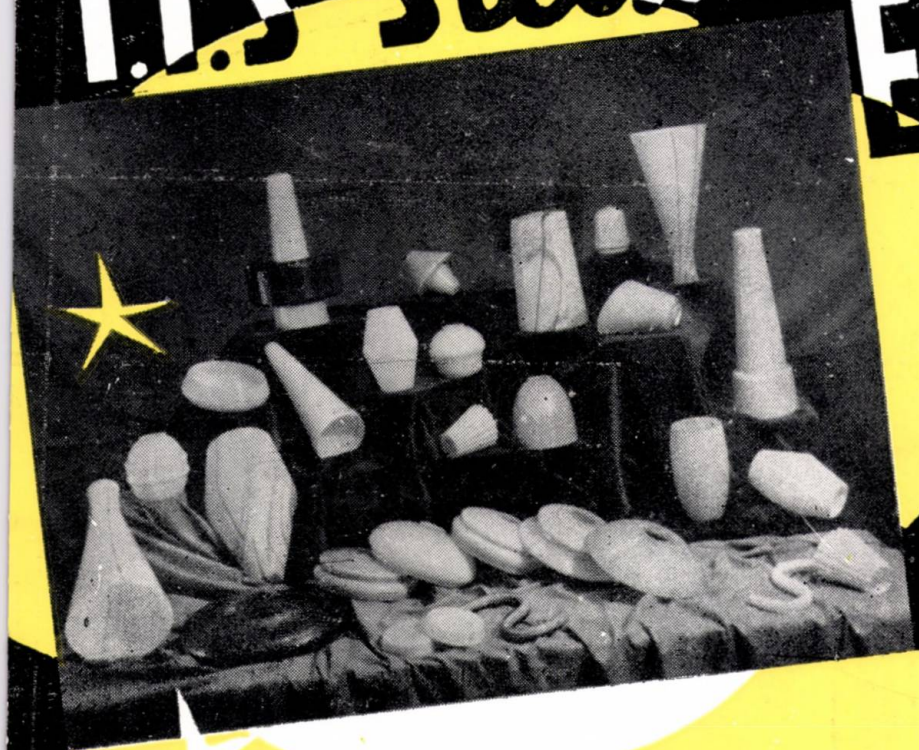
PENTRU:

- Lămpi fluorescente de joasă tensiune
- Reclame luminoase
- Lămpi cu mercur, cu presiune înaltă
- Oscilografie și televiziune
- Tehnica Röntgen.

MUSZAKI KÖNYVTÁR

VEB Leuchtstoffwerk Bad Liebenstein
Band Liebenstein- Ernst-Thälmann-Strasse 12 — Postfach 35
REPUBLICA DEMOCRATĂ GERMANĂ

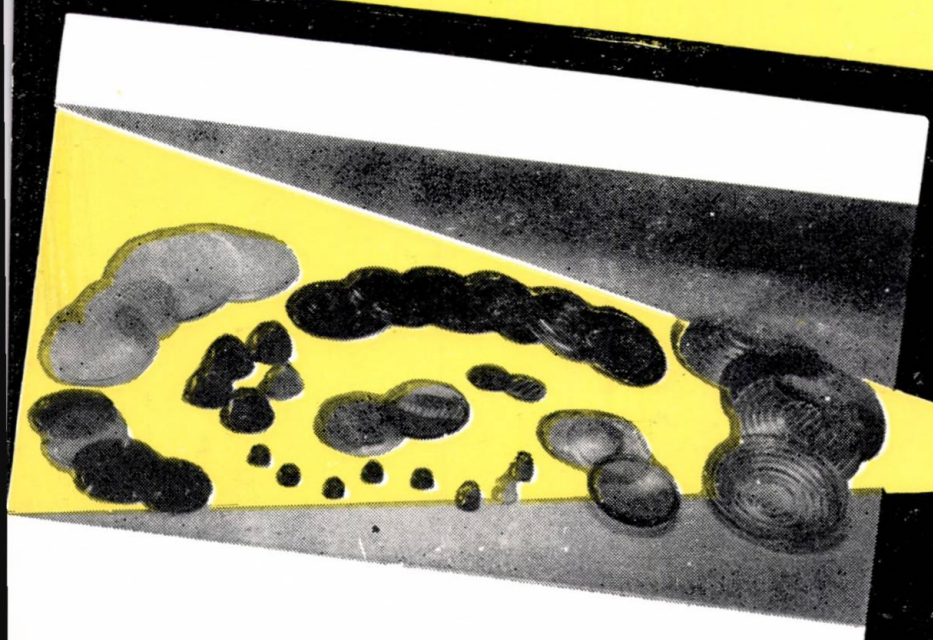
I.I.S. Steaua Electrică FIENI

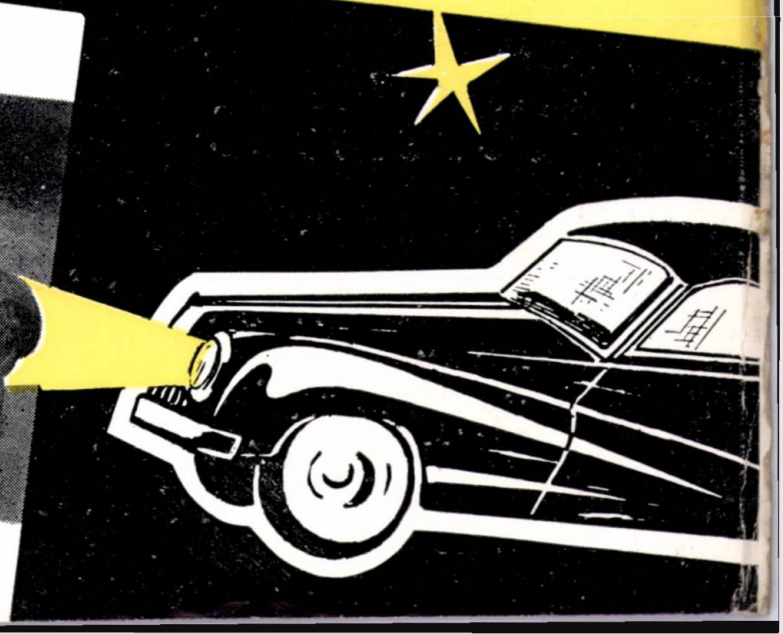


produce:

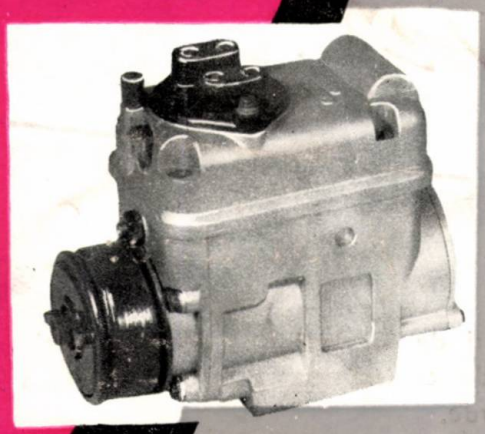
- DISPERSOARE DIN STICLĂ – pentru corpuri de iluminat la autovehicule și tractoare (faruri stopuri, iluminat bord, scală, lămpi de control semnalizare) — NI-1056 61. Se execută clare sau colorate în : galben, roșu, verde.
- LENTILE DIN STICLĂ — clare și colorate, pentru sistemul optic al semnalelor luminoase la căile ferate — NI-1063-61.
- GLOBURI OPALE — STAS 2249—59.
- GLOBURI ȘI APĂRĂTORI DIN STICLĂ — STAS 2636—60.
- GLOBURI PENTRU LUSTRE — NI 61-62
- PLAFONIERE OPALE — NI 685-58.
- APĂRĂTORI DIN STICLĂ CLARĂ — NI 868-60.
- TUBURI DIN STICLĂ PENTRU FIRME LUMINOASE și alte scopuri — NI 871-60.

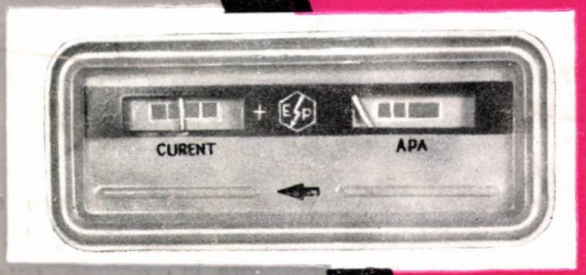
Produsele se livrează pe bază de repartiție acordată de M.I.C.M. — D.A.D.

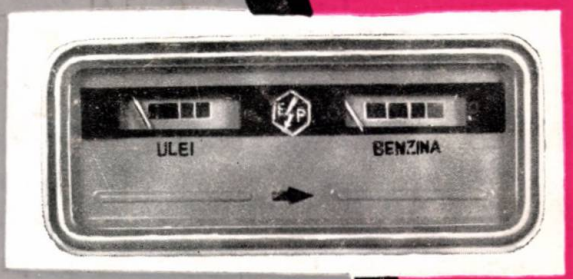


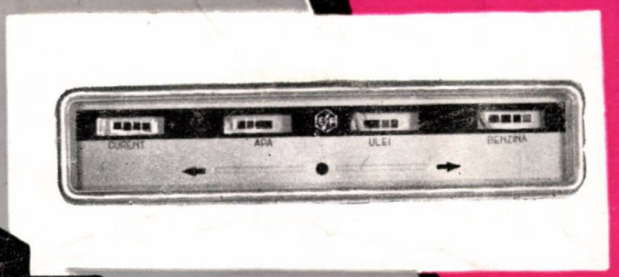


UZINA ELECTROPRECIZIE SĂCELE









produce

ECHIPAMENT ELECTRIC

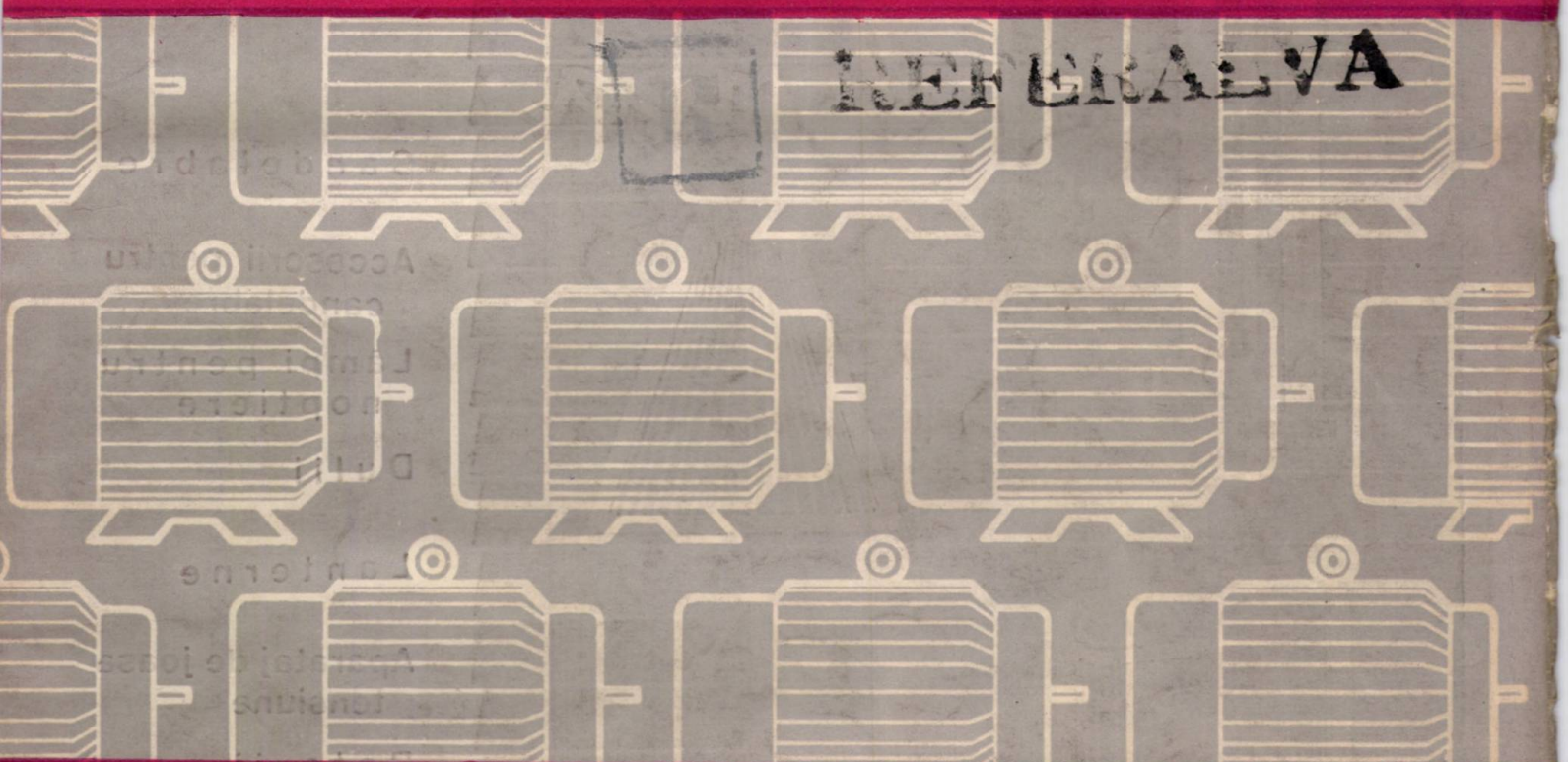
PENTRU

- AUTOCAMIOANE • TRACTOARE
- AUTOBUZE • TROLEIBUZE

și alte autovehicule, asigurînd cele mai exigente condiții de exploatare.

E 2040

ELECTROTEHNICA



BIBLIOTECA

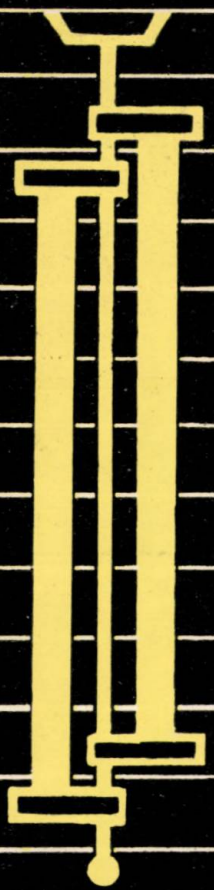
Electrotehnica • București • Anul 12 • nr. 12 • P. 445 — 484 • decembrie 1964

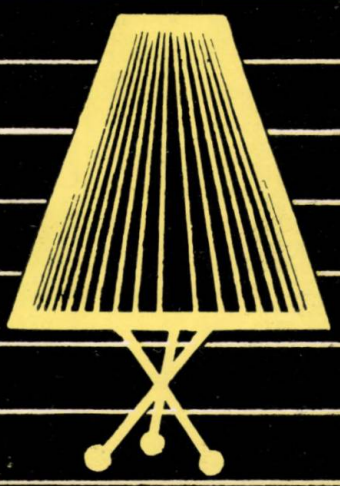
12

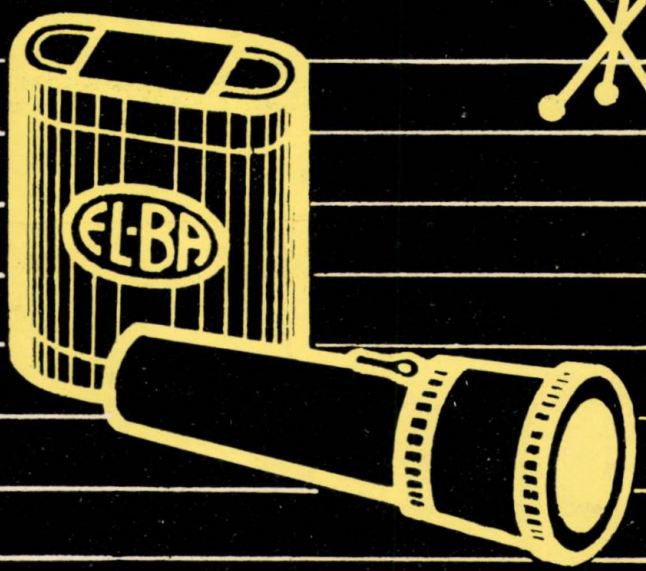
EL-BA

ELECTRO-BANAT

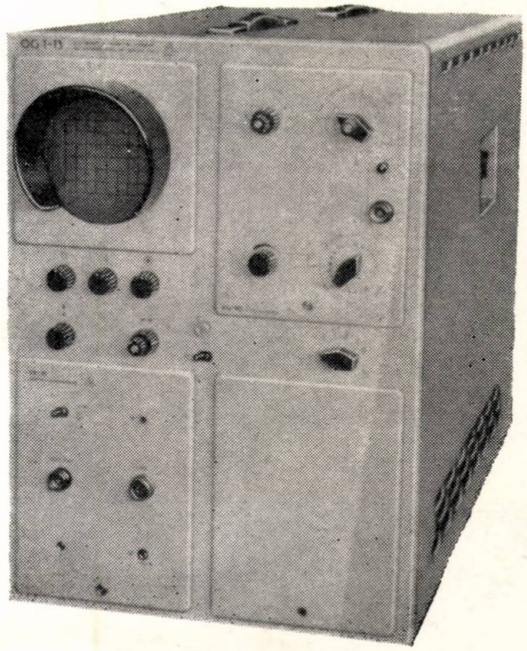
fabrică:







- Candelabre
- Accesorii pentru candelabre
- Lămpi pentru noptiere
- Dulii
- Lanterne
- Aparataj de joasă tensiune
- Baterii
- Pile electrice
- Corpuri de iluminat pentru vehicule
- Aparataj pentru vehicule



OSCILOGRAF DE IMPULSURI
OG 1-13

Oscilograful universal OG 1—13 este construit cu sertare. Devierea verticală este acționată printr-un amplificator lanț, devierea orizontală este variată prin semnale alternative.

Poate fi întrebuințat pentru semnalele alternative adiționale ca generator de marcaj dreptunghiular și de întîrziere.

Domeniul de frecvență, 0—60 MHz

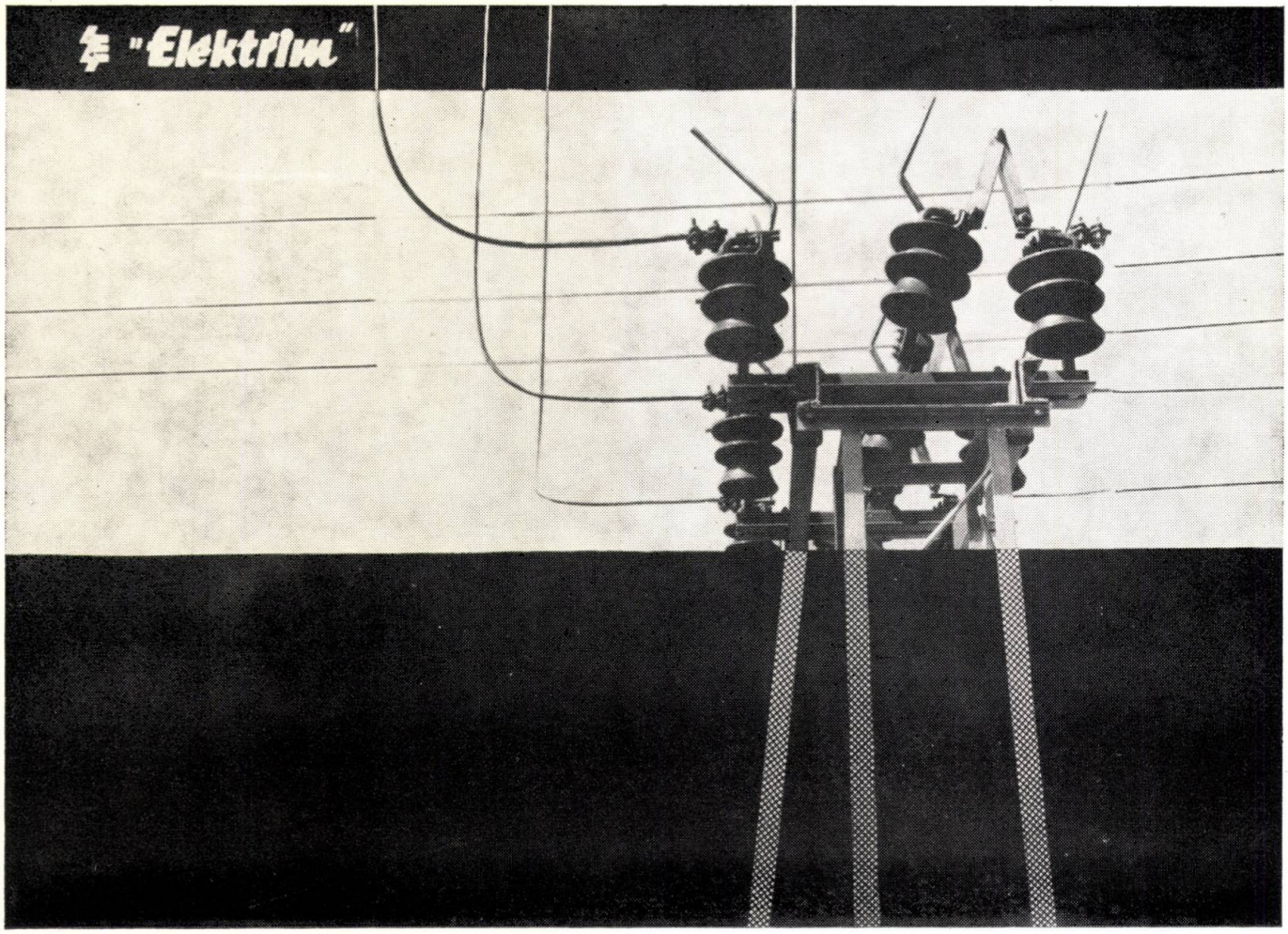
Timpul de ridicare, 6 ns

Factorul de deviere, $U_{„}$=200 mV/cm.

Exportator: Deutscher Innen- und Aussenhandel

Elektrotechnik

BERLIN N, 4 CHAUSSEESTR. 111/112
REPUBLICA DEMOCRATĂ GERMANĂ



Aparataj de joasă tensiune

Întreruptoare de rețea

Contactoare pînă la 400 A

Întreruptoare automate de scurtcircuit pînă la 2 500 A

Stații de distribuție în aer liber, deschise și protejate, din tablă și din fontă

Aparataj pentru mașini de ridicat

Aparataj pentru mine, protejat împotriva exploziilor

EXPORTATOR EXCLUSIV:

SOCIETATEA POLONĂ DE COMERȚ EXTERIOR PENTRU ELECTROTEHNICĂ. SOCIETATE CU DOMENIU LIMITAT

Elektrim

Varșovia 1, str. Czackiego 15/17 — POLONIA
Telex: 81 — 347 Căsuța poștală 638

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁRÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

ELECTROTEHNICA

Anul 12 nr. 12 decembrie 1964

CUPRINS

CZ 621.372.011.1 : 512.831

Potolea, E. : **Metode de rezolvare a ecuaţiilor matriciale ale reţelelor electrice.**

Electrotehnica **12**, nr, 12, dec. 1964, p. 445–457

Folosind metodele de bază pentru rezolvarea ecuaţiilor de funcţionare : metoda potenţialelor la noduri, metoda perechilor de noduri şi metoda curenţilor ciclici, se obţin relaţii noi în cazul reţelelor cu curenţi la noduri. Se precizează unele aspecte teoretice referitoare la metoda trnsformării reţelelor ; se scoate în evidenţă existenţa a două categorii de transformări (topologice şi funcţionale) şi se arată că în reţeaua iniţială şi în reţelele transformate conservarea puterilor debitate de surse nu este o condiţie necesară a transformatoarelor, ci una care apare numai în cazuri particulare.

CZ 621.313.33.011.1.004.13

Nedelcu, V. N. : **Cu privire la deducerea ecuaţiilor de tensiuni ale maşinii asincrone.**

Electrotehnica **12**, nr. 12, dec. 1964, p. 457–461

Se stabilesc ecuaţiile generale de funcţionare a maşinii asincrone cu dublă alimentare prin intermediul fazorilor reprezentativi. Se particularizează aceste ecuaţii pentru cazul regimului permanent de funcţionare, arătîndu-se necesitatea şi importanţa precizării sistemului de coordonate de referinţă. Se prezintă diagrama fazorială a tensiunilor.

CZ 621.313.14.048.8 : 621.56/59

Antohi, C., Bărcănescu, V., Pascal, P. şi *Furtunescu, E.* : **Scheme de izolaţie pentru maşinile electrice utilizate la antrenarea compresoarelor din agregatele frigorifice capsulate.**

Electrotehnica **12**, dec. 1964, p. 461–468

După o scurtă prezentare a stadiului actual în tehnica mondială, se descriu metodele folosite şi rezultatele obţinute la verificarea compatibilităţii materialelor electroizolante cu solvenţi utilizaţi la spălarea agregatelor, cum şi cu uleiul şi freonul care se întrebuinţează la umplerea lor. În urma analizei rezultatelor obţinute se trag concluzii în legătură cu schemele de izolaţie ce trebuie adoptate şi asupra posibilităţilor de utilizare a freonului 12 şi a uleiului pentru freon de fabricaţie indigenă.

CZ 621.316.5.066.6 : 621.8.034.4

Tomoiagă, R. şi *Lăzărescu, I.* : **Contribuţii la calculul şi dimensionarea arcurilor elicoidale în aparatajul electric de conectare.**

Electrotehnica **12**, nr. 12, dec. 1964, p. 468–475

Solicitările dinamice la care sînt supuse piesele din aparatajul electric de conectare, datorită creşterii duratei de viaţă şi a frecvenţei de acţionare, impun completarea sau corectarea metodelor de calcul. Dimensionarea corespunzătoare a resoartelor, elemente care în funcţionare suportă solicitările dinamice cele mai intense, necesită folosirea unor parametri de calcul adecvaţi, rezultaţi din numeroase experienţe de laborator.

RECENZII 475–478

REFERATE 478–481

CRONICĂ 481–483

SCURTE ŞTIRI 483–484

Abonaţi-vă

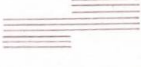
PE ANUL

1965

LA REVISTELE

ELECTROTEHNICA

CONSTRUCŢIA DE MAŞINI



AUTOMATICA ŞI ELECTRONICA

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.372.011.1 : 512.831

Потоля Е.: **Методы разрешения матрицевых уравнений электросетей.**

Electrotehnica 12, № 12, декабрь 1964, стр. 445–457

Пользуясь основными методами для разрешения уравнений рабочих: метод потенциалов в узлах, метод парных узлов и метод цикличных токов, получаем новые соотношения для случая сетей с токами в узлах. Уточняется ряд теоретических аспектов относительно метода преобразования сетей: выявляется наличие двух категорий преобразований (топологические и функциональные); при этом указывается, что в начальной сети и в преобразованных сетях сохранение дебитируемых источниками мощностей не является необходимым условием трансформаторов, а лишь условием, которое появляется лишь в частных случаях.

ДК 621.313.33.011.1.004.13

Неделку В. Н.: **Выводе уравнений напряжений асинхронной машины.**

Electrotehnica 12, № 12, декабрь 1964, стр. 457–461

Определяются общие рабочие уравнения асинхронной машины двойного питания посредством изображающих фазоров. Данные уравнения приводятся для случая установившегося рабочего режима; при этом указывается необходимость и значение уточнения системы координат отсчёта. Приводится векторная диаграмма напряжений.

ДК 621.313.14.048.8 : 621.56/59

Антохи К., Бэркэнеску В., Паскал, П. и *Фуртунеску Е.*: **Изоляционная схема электрических машин, применяемых при увлечении компрессоров капсюльных охлаждающих агрегатов.**

Electrotehnica 12, № 12, декабрь 1964, стр. 461–468

После краткого представления настоящей стадии в мировой технике, приводится описание применяемых методов и полученных результатов при проверке совместимости электроизоляционных материалов с используемыми растворителями при промывке агрегатов, а также и маслом и фреоном, которые применяются для заполнения. На основе анализа полученных результатов сделаны выводы относительно изоляционных схем, которые должны быть приняты, и возможностей использования фреона 12 и масла для фреона отечественного производства.

ДК 621.316.5.066.6 : 621.8.034.4

Томоягэ Р. и *Лэзэреску И.*: **Вклады при расчёте и определении размеров элликоидальных дуг в электрической включительной аппаратуре.**

Electrotehnica 12, № 12, декабрь 1964, стр. 468–475

Динамические нагрузки, воздействующие на части электрической включительной аппаратуры, благодаря росту продолжительности жизни и приводной частоты, требуют дополнение либо поправку расчётных методов. Соответствующее определение размеров пружин, элементы которые при работе терпят наиболее интенсивные динамические нагрузки, требуют соответствующих расчётных параметров, полученных на основе лабораторных опытов.

РЕЦЕНЗИИ 475–478

РЕФЕРАТЫ 478–481

ХРОНИКА 481–483

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ 483–484

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.372.011.1 : 512.831

Potolea, E. : **Methoden für die Auflösung der Matrizengleichungen der elektrischen Netze.**

Electrotehnica 12, H. 12, Dez. 1964, S. 445–457

Unter Verwendung der grundlegenden Methoden für die Auflösung der Betriebsgleichungen : die Methode der Knotenpotentiale, die Methode der Knotenpaare und die Methode der zyklischen Ströme, erhält man neue Beziehungen für den Fall der mit Knotenströmen behafteten Netze. Es werden einige theoretische Betrachtungen bezüglich der Methode der Netzumwandlungen erwähnt ; es wird das Vorhandensein zweier Umwandlungsarten (topologische und funktionelle) hervorgehoben, und es wird betonnt dass in dem ursprünglichem Netz und in umgewandelten die Beibehaltung der von den Quellen gelieferten Leistungen stellt nur eine in besonderen Fällen erschienene Bedingung und keine durchaus erforderliche dar.

DK 621.313.33.011.1.004.13

Nedelcu, V. N. : **Über die Bestimmung der Spannungsgleichungen der Asynchronmaschine.**

Electrotehnica 12, H. 12, Dez. 1964, S. 457–461

Es werden die allgemeinen Betriebsgleichungen für die durch Phasenschieber zustandegebrachte Doppelspeisung der Asynchronmaschine entwickelt. Diese Gleichungen werden für den Fall des Dauerbetriebes angeeignet, unter dem Hinweis auf die Wichtigkeit der Angabe der Bezugskoordinaten. Es wird das Phasenverschiebungsdiagramm der Spannungen vorgelegt.

DK 621.313.14.048.8.621.56/59

Antohi, C., Bărcănescu, V., Pascal, P. und *Furtunescu, E.* : **Isolationsarten für die zum Antrieb der geschlossenen Kühlkompressoren bestimmten elektrischen Maschinen.**

Electrotehnica 12, H. 12, Dez. 1964, S. 461–468

Nach einer kurzen Darlegung des jetzigen Stadiums der Welttechnik, werden die verwendeten Methoden und die damit erzielten Ergebnisse, bezüglich des Zusammenpassen der elektrischen Isolationmaterialien mit den beim Waschen der Aggregaten verwendeten Lösungsmitteln, beschrieben, ebenso wie die Vertraglichkeit zwischen dem Schmieröl und dem zum Füllen des Aggregates verwendeten Freongases. Nach der Auseinandersetzung der erhaltenen Ergebnisse es werden Schlussfolgerungen bezüglich der Isolationsarten die angenommen werden sollen, und der Verwendungsmöglichkeiten des Freongases 12 und des damit verwendbares Freonöles von inländischer Herstellung, gezogen.

DK 621.316.5.066.6 : 621.8.034.4

Tomoiagă, R. und *Lăzărescu, I.* : **Beitrag zur Berechnung und Dimensionierung der bei den elektrischen Schaltaparaten verwendeten Schraubenfeder.**

Electrotehnica 12, H. 12, Dez. 1964, S. 468–475

Die dynamischen Beanspruchungen der Schaltaparatenbestandteile infolge der Vergrösserung der Lebensdauer und der Schalthäufigkeit, verlangen nach einer Vervollständigung und Koriegierung der Brechnungsmethoden. Die entsprechende Dimensionierung der Federn, der Bestandteilen die im Betriebe der stärksten Beanspruchungen unterworfen werden, bedingen die Verwendung einiger geeigneten Berechnungskonstanten, die aus zahlreichen Laboratoriumsversuche entstanden sind.

BUCHBESPRECHUNGEN 475–478

REFERATE 478–481

CHRONIK 481–483

KURZNACHRICHTEN 482–484

OSZAGOS MUSZAKI KONYVTAR ES DOKUMENTACIOS KOZPONT 1883

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.

Anul 12 nr. 12 București, decembrie 1964

Metode de rezolvare a ecuațiilor matriciale ale rețelelor electrice

Eugen Potolea* — București

CZ 621.372.011.1 : 512.831

În acest articol se face o expunere sistematică a metodelor pentru rezolvarea ecuațiilor de funcționare a rețelelor electrice. Cu această ocazie se obțin relații noi prin aplicarea metodelor perechilor de noduri și curenților ciclici în cazul unei rețele cu curenți la noduri.

Se arată că metoda curenților ciclici este avantajoasă, în special, în cazul rețelelor cu curenți sau cu puteri la noduri, care intervin la studiul regimului permanent simetric din rețelele electrice trifazate.

Ultima parte a articolului se ocupă cu metoda transformării ecuațiilor. Se precizează unele aspecte teoretice mult discutate în legătură cu necesitatea conservării puterilor în rețelele transformate și cu metoda lui G. Kron de transformare a rețelelor electrice.

1. Sisteme complete de ecuații de funcționare

Ecuațiile de funcționare a laturilor, împreună cu ecuațiile topologice ale unei rețele electrice, formează un sistem complet de ecuații [15], care permite determinarea mărimilor de stare electrică $\overline{V}_n$, $\overline{V}$, $\overline{I}$ atunci cînd sînt cunoscute mărimile $\overline{F}$, $\overline{I}_n$ și $\|Z\|$ sau $\overline{J}$, $\overline{I}_n$ și $\|Y\|$. Ținînd seamă de diferitele forme ale ecuațiilor topologice în care intervin matricele de incidență $\|A\|$, $\|B\|$ sau $\|C\|$ se pot forma trei sisteme complete de ecuații [15] date în tabelele 1 și 2. La formarea sistemelor complete de ecuații s-a avut în vedere că fiecare dintre aceste sisteme trebuie să conțină relații pentru determinarea celor trei mărimi de stare electrică $\overline{V}_n$, $\overline{V}$ și $\overline{I}$. Ecuațiile topologice de bază din primul sistem conțin toate mărimile de stare electrică, în timp ce primele două ecuații din sistemele II și III nu conțin mărimea $\overline{V}_n$. Pentru acest motiv sistemele II și III trebuie completate cu

Sisteme complete de ecuații pentru $\overline{I}_n \neq 0$ *Tabela 1*

	Matricele folosite	Ecuațiile topologice	Ecuațiile de funcționare a laturilor
Primul sistem de ecuații	$\|A\|$	$\|A\| \quad \|I\| = -\|I_n\|$ $-\|A\|_t \quad \|V_n\| = \quad \|V\|$	$\|I\| + \|Y\| \quad \|V\| = \|J\|$
Al doilea sistem de ecuații	$\|C\|$ și $\|A_1\|$	$\|C\| \quad \|I\| = -\|A_1\|^{-1}\|I_n\|$ $\|C\|_t \quad \|V_1\| \quad \|V$ $-\|A_1\|_t^{-1}\|V_1\| = \quad \|V_n\|$	$\|I\| + \|Y\| \quad \|V\| = \|J\|$
Al treilea sistem de ecuații	$\|B\|$ și $\|A_1\|$	$\begin{vmatrix} \|B_1\|_t - \|A_1\|^{-1} \\ \hline \|U\| \quad \|O\| \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \|I_2\| \\ \hline \|I_n\| \end{vmatrix} = \|I\|$ $\|B\| \quad \|V\| = 0$ $-\|A_1\|_t^{-1}\|V_1\| = \|V_n\|$	$\|Z\| \quad \|I\| + \|V\| = \|E\|$

* Cd. șt. tehn. ing. *E. Potolea* este conferențiar la Institutul politehnic — București, Facultatea de energetică, Catedra rețele electrice.

Sisteme complete de ecuații pentru $I_n = 0$ *Tabela 2*

	Matricele folosite	Ecuațiile topologice	Ecuațiile de funcționare a laturilor
Primul sistem de ecuații	$\|A\|$	$\|A\| \ \|I\| = 0$ $-\|A\|_t \ \|V_n\| = \|V\|$	$\|I\| + \|Y\| \ \|V\| = \|J\|$
Al doilea sistem de ecuații	$\|C\|$ și $\|A_1\|$	$\|C\| \ \|I\| = 0$ $\|C\|_t \ \|V_1\| = \|V\|$ $-\|A_1\|_t^{-1} \ \|V_1\| = \|V_n\|$	$\|I\| + \|Y\| \ \|V\| = \|J\|$
Al treilea sistem de ecuații	$\|B\|$ și $\|A_1\|$	$\|B\|_t \ \|I_2\| = \|I\|$ $\|B\| \ \|V\| = 0$ $-\|A_1\|_t^{-1} \ \|V_1\| = \|V_n\|$	$\|Z\| \ \|I\| + \|V\| = \|E\|$

a treia ecuație în care intervine $\overline{V}_n$ și care se exprimă cu ajutorul submatricei $\|A_1\|$. Rezultă că nu este posibil să se formeze un sistem complet de ecuații folosind numai matricele $\|B\|$ sau $\|C\|$. În cazul particular cînd $I_n = 0$, folosirea numai a matricelor $\|B\|$ sau $\|C\|$ dă posibilitatea formării unor sisteme de ecuații din care se pot determina mărimile $\overline{V}$ și $\overline{I}$. Pentru determinarea celei de-a treia mărimi $\overline{V}_n$ este necesar și în acest caz să se facă apel la submatricea $\|A_1\|$.

Dat fiind numărul mare de ecuații este indicat ca rezolvarea lor să se facă prin eliminarea unora din necunoscute și deci prin reținerea unui sistem de necunoscute de bază. În funcție de alegerea necunoscutelor de bază se disting trei metode de rezolvare, sugerate de forma particulară a celor trei sisteme complete de ecuații:

— metoda potențialelor la noduri, în care se folosește primul sistem complet de ecuații:

— metoda perechilor de noduri, în care se folosește al doilea sistem complet de ecuații;

— metoda curenților ciclici, în care se folosește al treilea sistem complet de ecuații.

Aceste metode, împreună cu aceea a transformării ecuațiilor, vor fi prezentate în cele ce

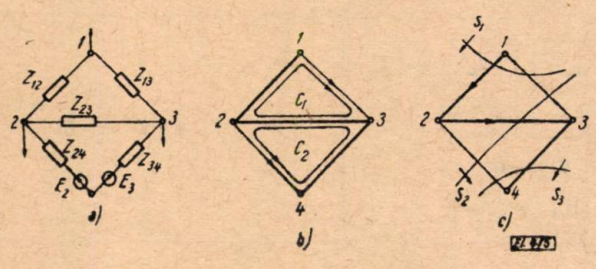


Fig. 1
a — schema de calcul și *b*, *c* — graful unei rețele electrice.

urmează și aplicate în cazul unei rețele care conține atît tensiuni electromotoare în laturi, cît și curenți extrași sau injectați la noduri. În figura 1 sînt date schema de calcul a acestei rețele și graful corespunzător. Urmărind figura 1 se scriu relațiile [15]:

$$\overline{E} = (0{,}0,\ E_{34},\ 0,\ E_{14}) = (0{,}0,\ -E_3,\ 0,\ -E_2);$$
$$\overline{J} = (0{,}0,\ J_{34},\ 0,\ J_{24}) = (0{,}0,\ -I_{sc34},\ 0,\ -I_{sc24})$$

și matricele:

$$\|Z\| = \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline Z_{12} & & & & \\ \hline & Z_{23} & & & \\ \hline & & Z_{34} & & \\ \hline & & & Z_{13} & \\ \hline & & & & Z_{24} \\ \hline \end{array};$$

$$\|Y\| = \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline Y_{12} & & & & \\ \hline & Y_{23} & & & \\ \hline & & Y_{34} & & \\ \hline & & & Y_{13} & \\ \hline & & & & Y_{24} \\ \hline \end{array}.$$

Matricele de incidență ale grafului rețelei sînt:

$$\|A\| = \begin{array}{c|c|c|c|c|c|} & L_{12} & L_{23} & L_{34} & L_{13} & L_{24} \\ \hline N_1 & 1 & & & 1 & \\ \hline N_2 & -1 & 1 & & & 1 \\ \hline N_3 & & -1 & 1 & -1 & \\ \hline \end{array};$$

$$\|B\| = \begin{array}{c|ccccc} & & & & & \\ C_1 & -1 & -1 & & 1 & \\ C_2 & & -1 & 1 & & 1 \end{array};$$

$$\|C\| = \begin{array}{c|ccccc} & & & & & \\ S_1 & 1 & & & 1 & \\ S_2 & & 1 & & 1 & 1 \\ S_3 & & & 1 & & 1 \end{array}.$$

2. Metoda potențialelor la noduri

În această metodă se iau ca necunoscute de bază potențialele nodurilor $\overline{V}_n$ determinate față de potențialul nodului de referință.

Se consideră primul sistem complet de ecuații (tabela 1); ecuația de funcționare a laturilor se înmulțește la stînga cu $\|A\|$; folosind ecuațiile topologice se elimină $\|V\|$ și $\|I\|$; se obține relația:

$$-\|I_n\| - \|A\|\,\|Y\|\,\|A\|_t\,\|V_n\| = \|A\|\,\|J\|,$$

care se poate scrie sub forma:

$$-\|Y_n\|\,\|V_n\| = \|J_n\| + \|I_n\| \qquad (1)$$

cu notațiile:

$$\begin{cases} \|J_n\| = \|A\|\,\|J\| \\ \|Y_n\| = \|A\|\,\|Y\|\,\|A\|_t. \end{cases} \qquad (2)$$

Relația (1) reprezintă un sistem de $n-1$ ecuații cu $n-1$ necunoscute, care se determină prin inversarea matricei $\|Y_n\|$ de rangul $n-1$:

$$\|V_n\| = -\|Y_n\|^{-1}(\|J_n\| + \|I_n\|). \qquad (3)$$

Considerînd rețeaua din figura 1 se obțin următoarele expresii pentru vectorul $\overline{J}_n$ și matricea $\|Y_n\|$:

$$\overline{J}_n = (0,\ J_{24},\ J_{34}) \qquad (4)$$

$$\|Y_n\| = \begin{array}{|c|c|c|} \hline Y_{12}+Y_{13} & -Y_{12} & -Y_{13} \\ \hline -Y_{12} & Y_{12}+Y_{24}+Y_{23} & -Y_{23} \\ \hline -Y_{13} & -Y_{23} & Y_{34}+Y_{13}+Y_{23} \\ \hline \end{array} \qquad (5)$$

Calculînd matricea $\|J_n\|$ cu relația (2) pentru un caz general se constată că vectorul $\overline{J}_n$ are drept componente sumele curenților de scurtcircuit din laturile incidente la nodurile N_i. Pe baza acestei observații, vectorul $\overline{J}_n$ poate fi scris direct fără a mai efectua operațiile din relația (2).

Calculînd matricea $\|Y_n\|$ cu relația (2) pentru un caz general se constată că în căsuțele de pe diagonală apar sumele admitanțelor laturilor incidente la nodurile N_i, iar în restul căsuțelor intervin admitanțele laturilor care unesc perechile de noduri N_i și N_j. Pe baza acestei observații matricea $\|Y_n\|$ poate fi scrisă direct fără a mai efectua operațiile din relația (2).

După determinarea lui $\|V_n\|$ din (3) se determină $\|V\|$ cu a doua ecuație topologică din sistemul I și apoi $\|I\|$ cu ajutorul ecuațiilor de funcționare a laturilor.

Aplicația 1. Se consideră rețeaua din figura 1 și se admite că funcționează în curent continuu. În figura 2 sînt date valorile curenților $\overline{I}_n$ în A, tensiunilor electromotoare $\overline{E}$ în V și rezistențelor R în Ω.

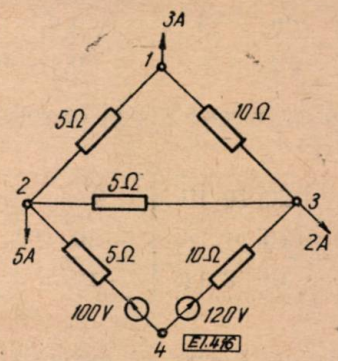


Fig. 2. Schema de calcul a rețelei, pentru aplicația 1.

Se scriu matricele $\|I_n\|$, $\|E\|$ și $\|Z\|$:

$$\|I_n\| = \begin{array}{c|c} 1 & +3 \\ 2 & +5 \\ 3 & +2 \end{array}; \quad \|E\| = \begin{array}{c|c} 12 & 0 \\ 23 & 0 \\ 34 & -120 \\ 13 & 0 \\ 24 & -100 \end{array};$$

$$\|Z\| = \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 12 & 23 & 34 & 13 & 24 \\ \hline 5 & & & & \\ \hline & 5 & & & \\ \hline & & 10 & & \\ \hline & & & 10 & \\ \hline & & & & 5 \\ \hline \end{array}.$$

Se scriu matricele $\|Y\| = \|Z\|^{-1}$ și $\|J\| = \|Y\|\,\|E\|$:

$$\|Y\| = \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 12 & 23 & 34 & 13 & 24 \\ \hline 0{,}2 & & & & \\ \hline & 0{,}1 & & & \\ \hline & & 0{,}1 & & \\ \hline & & & 0{,}1 & \\ \hline & & & & 0{,}2 \\ \hline \end{array};$$

$$\|J\| = \begin{array}{c|c} 12 & 0 \\ \hline 23 & 0 \\ \hline 34 & -12 \\ \hline 13 & 0 \\ \hline 24 & -20 \end{array}.$$

Se calculează $\|J_n\|$ și $\|Y_n\|$ folosind relațiile (2) scrise sub forma (4) și (5):

$$\|J_n\| = \begin{array}{|c|} \hline 0 \\ \hline -20 \\ \hline -12 \\ \hline \end{array}; \quad \|Y_n\| = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 0{,}3 & -0{,}2 & -0{,}1 \\ \hline -0{,}2 & 0{,}6 & -0{,}2 \\ \hline -0{,}1 & -0{,}2 & 0{,}4 \\ \hline \end{array}.$$

Inversînd matricea $\|Y_n\|$ și introducînd în (3) se obține:

$$\|V_n\| = -\frac{1}{3}\begin{array}{|c|c|c|} \hline 20 & 10 & 10 \\ \hline 10 & 11 & 8 \\ \hline 10 & 8 & 14 \\ \hline \end{array}\left[\begin{array}{|c|} \hline 0 \\ \hline -20 \\ \hline -12 \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline +3 \\ \hline +5 \\ \hline +2 \\ \hline \end{array}\right] = -\frac{1}{3}\begin{array}{|c|c|c|} \hline 20 & 10 & 10 \\ \hline 10 & 11 & 8 \\ \hline 10 & 8 & 14 \\ \hline \end{array}\begin{array}{|c|} \hline 3 \\ \hline -15 \\ \hline -10 \\ \hline \end{array} = \frac{1}{3}\begin{array}{|c|} \hline +190 \\ \hline +215 \\ \hline +230 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline V_{n1} \\ \hline V_{n2} \\ \hline V_{n3} \\ \hline \end{array}.$$

Tensiunile la borne și curenții din laturi sînt dați de relațiile:

$$\|V\| = -\|A\|_t \|V_n\| =$$

$$= -\begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & -1 & \\ \hline & 1 & -1 \\ \hline & & 1 \\ \hline 1 & & -1 \\ \hline & 1 & \\ \hline \end{array}\frac{1}{3}\begin{array}{|c|} \hline +190 \\ \hline +215 \\ \hline +230 \\ \hline \end{array} = \frac{1}{3}\begin{array}{|c|} \hline +25 \\ \hline +15 \\ \hline -230 \\ \hline +40 \\ \hline -215 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline V_{12} \\ \hline V_{23} \\ \hline V_{34} \\ \hline V_{13} \\ \hline V_{24} \\ \hline \end{array};$$

$$\|I\| = \|J\| - \|Y\|\,\|V\| = \begin{array}{|c|} \hline 0 \\ \hline 0 \\ \hline -12 \\ \hline 0 \\ \hline -20 \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 0{,}2 & & & & \\ \hline & 0{,}2 & & & \\ \hline & & 0{,}1 & & \\ \hline & & & 0{,}1 & \\ \hline & & & & 0{,}2 \\ \hline \end{array}\frac{1}{3}\begin{array}{|c|} \hline 25 \\ \hline 15 \\ \hline -230 \\ \hline 40 \\ \hline -215 \\ \hline \end{array} = \frac{1}{3}\begin{array}{|c|} \hline -5 \\ \hline -3 \\ \hline -13 \\ \hline -4 \\ \hline -17 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline I_{12} \\ \hline I_{23} \\ \hline I_{34} \\ \hline I_{13} \\ \hline I_{24} \\ \hline \end{array}.$$

Trebuie observat că în cazul rețelelor în care intervin tensiuni electromotoare și curenți extrași din noduri, aceștia din urmă nu pot fi luați mai mari decît curenții de scurtcircuit în nodurile respective.

3. Metoda perechilor de noduri

În această metodă se iau ca necunoscute de bază tensiunile la bornele laturilor arbore $\overline{V}_1$.

Se consideră al doilea sistem complet de ecuații (tabela 1); ecuația de funcționare a laturilor se înmulțește la stînga cu $\|C\|$; folosind ecuațiile topologice se elimină $\|V\|$ și $\|I\|$; se obține relația:

$$-\|A_1\|^{-1}\|I_n\| + \|C\|\,\|Y\|\,\|C\|_t\,\|V_1\| = \|C\|\,\|J\|$$

care se scrie sub forma:

$$\|V_s\|\,\|V_1\| = \|J_s\| + \|I_{ns}\| \tag{6}$$

cu notațiile:

$$\begin{aligned} \|J_s\| &= \|C\|\,\|J\| \\ \|Y_s\| &= \|C\|\,\|Y\|\,\|C\|_t \end{aligned} \tag{7}$$

și

$$\|I_{ns}\| = \|A_1\|^{-1}\|I_n\|. \tag{8}$$

Relația (6) reprezintă un sistem de $n-1$ ecuații cu $n-1$ necunoscute, care se rezolvă prin inversarea matricei $\|Y_s\|$ de rangul $n-1$:

$$\|V_1\| = \|Y_s\|^{-1}(\|J_s\| + \|I_{ns}\|). \tag{9}$$

Considerînd rețeaua din figura 1 se obțin următoarele expresii pentru $\|J_s\|$, $\|Y_s\|$ și $\|I_{ns}\|$:

$$\|J_s\|_t = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & J_{24} & J_{24} + K_{34} \\ \hline \end{array}, \tag{10}$$

$$\|Y_s\| = \begin{array}{|c|c|c|} \hline Y_{12}+Y_{13} & Y_{13} & \\ \hline Y_{13} & Y_{13}+Y_{23}+Y_{24} & Y_{24} \\ \hline & Y_{24} & Y_{24}+Y_{34} \\ \hline \end{array}, \tag{11}$$

$$\|I_{ns}\| = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & & \\ \hline 1 & 1 & \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}\begin{array}{|c|} \hline I_{n1} \\ \hline I_{n2} \\ \hline I_{n3} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline I_{n1} \\ \hline I_{n1}+I_{n2} \\ \hline I_{n1}+I_{n2}+I_{n3} \\ \hline \end{array}. \tag{12}$$

Se observă că $\|J_s\|$ are ca termeni sumele curenților de scurtcircuit din laturile incidente la secționările S_i. Pe baza acestei observații matricea $\|J_s\|$ poate fi scrisă direct fără a mai efectua calculele din (7).

Matricea $\|Y_s\|$ poate fi de asemenea scrisă direct, observînd că în căsuțele de pe diagonală apar sumele admitanțelor laturilor incidente la secționările S_i, iar în restul căsuțelor apar sumele admitanțelor laturilor incidente la perechile de secționări S_i și S_j.

Vectorul $\bar{I}_{ns}$, a cărui matrice se calculează cu relația (8), are drept componente sumele curenților din laturile arbore incidente la secționările S_i. Acești curenți se determină considerînd că laturile coardă sînt deschise și deci rețeaua este ramificată.

După determinarea lui $\|V_1\|$ din (9) se determină $\|V\|$ cu a doua ecuație topologică din sistemul II și apoi $\|I\|$ cu ajutorul ecuațiilor de funcționare a laturilor. Folosind ultima ecuație topologică din sistemul II se determină și $\|V_n\|$.

Aplicația 2. Se consideră rețeau studiată la aplicația 1. Folosind relațiile (10), (11) și (12) se calculează :

$$\|J_s\| = \left[\begin{array}{c} 0 \\ \hline -20 \\ \hline -32 \end{array}\right]; \quad \|Y_s\| = \left[\begin{array}{c|c|c} 0{,}3 & 0{,}1 & \\ \hline 0{,}1 & 0{,}5 & 0{,}2 \\ \hline & 0{,}2 & 0{,}3 \end{array}\right];$$

$$\|I_{ns}\| = \left[\begin{array}{c} +3 \\ \hline +8 \\ \hline +10 \end{array}\right].$$

Inversînd matricea $\|Y_s\|$ și introducînd în (9) se obține :

$$\|V_1\| = \frac{1}{3}\left[\begin{array}{c|c|c} 11 & -3 & 2 \\ \hline -3 & 9 & -6 \\ \hline 2 & -6 & 14 \end{array}\right]\left[\left[\begin{array}{c} 0 \\ \hline -20 \\ \hline -32 \end{array}\right] + \left[\begin{array}{c} -3 \\ \hline +8 \\ \hline +10 \end{array}\right]\right] = \frac{1}{3}\left[\begin{array}{c|c|c} 14 & -3 & 2 \\ \hline -3 & 9 & -6 \\ \hline 2 & -6 & 14 \end{array}\right]\left[\begin{array}{c} 3 \\ \hline -12 \\ \hline -22 \end{array}\right] = \frac{1}{3}\left[\begin{array}{c} 25 \\ \hline 15 \\ \hline -230 \end{array}\right] = \left[\begin{array}{c} V_{12} \\ \hline V_{23} \\ \hline V_{34} \end{array}\right].$$

Se calculează tensiunile la bornele laturilor coardă :

$$\|V_2\| = \|C_2\|_t \, \|V_1\| =$$

$$= \left[\begin{array}{c|c|c} 1 & 1 & \\ \hline & 1 & 1 \end{array}\right] \frac{1}{3}\left[\begin{array}{c} 25 \\ \hline 15 \\ \hline -230 \end{array}\right] = \frac{1}{3}\left[\begin{array}{c} 40 \\ \hline -215 \end{array}\right] = \left[\begin{array}{c} V_{13} \\ \hline V_{24} \end{array}\right].$$

Curenții din laturile rețelei se calculează folosind ecuațiile de funcționare a laturilor, așa cum s-a procedat la aplicația 1.

Potențialele nodurilor se calculează cu relația :

$$\|V_n\| = -\|A_1\|_t \, \|V_1\| =$$

$$= -\left[\begin{array}{c|c|c} 1 & 1 & 1 \\ \hline & 1 & 1 \\ \hline & & 1 \end{array}\right] \frac{1}{3}\left[\begin{array}{c} 25 \\ \hline 15 \\ \hline -230 \end{array}\right] = \frac{1}{3}\left[\begin{array}{c} +190 \\ \hline +215 \\ \hline +230 \end{array}\right] = \left[\begin{array}{c} V_{n1} \\ \hline V_{n2} \\ \hline V_{n3} \end{array}\right].$$

4. Metoda curenților ciclici

În această metodă se iau ca necunoscute de bază curenții din laturile coardă I_2, care sînt în același timp curenții ciclici ai ciclurilor independente.

Se consideră al treilea sistem complet de ecuații (tabela 1); ecuația de funcționare a laturilor se înmulțește la stînga cu $\|B\|$; folosind ecuațiile topologice se elimină $\|V\|$ și $\|I\|$; se obține relația :

$$\|B\| \, \|Z\| \left[\begin{array}{c|c} \|B_1\|_t & -\|A_1\|^{-1} \\ \hline \|U\| & \|O\| \end{array}\right] \left[\begin{array}{c} I_2 \\ \hline I_n \end{array}\right] = \|B\| \, \|E\|. \tag{13}$$

Relația (13) permite determinarea lui $\|I_2\|$ în cazul general al rețelei în care $\bar{I}_n \neq 0$, iar matricea $\|Z\|$ este de formă generală. În calculele practice ale rețelelor electrice interesează mai puțin cazul general și mai mult două cazuri particulare, care intervin în mod frecvent :

a) Rețeaua este fără curenți în noduri ($\bar{I}_n = 0$).

Relația (13) devine : $\|B\| \, \|Z\| \, \|B\|_t \, \|I_2\| = \|B\| \, \|E\|$ sau :

$$\|Z_c\| \, \|I_2\| = \|E_c\|, \tag{14}$$

cu notațiile

$$\begin{aligned} \|E_c\| &= \|B\| \, \|E\|; \\ \|Z_c\| &= \|B\| \, \|Z\| \, \|B\|_t. \end{aligned} \tag{15}$$

b) Rețeaua nu conține impedanțe mutuale.

Ținînd seamă de forma particulară a matricei $\|Z\|$ se efectuează produsele :

$$\|B\| \, \|Z\| = \left[\begin{array}{c|c} \|B_1\| & \|U\| \end{array}\right] \left[\begin{array}{c|c} \|Z_1\| & \\ \hline & \|Z_2\| \end{array}\right] = \left[\begin{array}{c|c} \|B_1\| \, \|Z_1\| & \|Z_2\| \end{array}\right]$$

și apoi

$$\left[\begin{array}{c|c} \|B_1\| \, \|Z_1\| & \|Z_2\| \end{array}\right] \left[\begin{array}{c|c} \|B_1\|_t & -\|A_1\|^{-1} \\ \hline \|U\| & \|0\| \end{array}\right] =$$

$$= \left[\begin{array}{c|c} \|B_1\| \, \|Z_1\| \, \|B_1\|_t + \|Z_2\| & -\|B_1\| \, \|Z_1\| \, \|A_1\|^{-1} \end{array}\right]$$

Introducînd în (13) produsele efectuate și observînd că :

$$\|B\| \, \|Z\| \, \|B\|_t = \|B_1\| \, \|Z_1\| \, \|B_1\|_t + \|Z_2\|$$

se obține :

$$\left[\begin{array}{c|c} \|B\| \, \|Z\| \, \|B\|_t & -\|B_1\| \, \|Z_1\| \, \|A_1\|^{-1} \end{array}\right] \left[\begin{array}{c} \|I_2\| \\ \hline \|I_n\| \end{array}\right] =$$

$$= \|B\| \, \|E\|$$

sau:

$$\|B\|\,\|Z\|\,\|B\|_t\|I_2\| - \|B_1\|\,\|Z_1\|\,\|A_1\|^{-1}\|I_n\| = \|B\|\,\|E\| \tag{16}$$

Relația (16) se scrie sub forma:

$$\|Z_c\|\,\|I_2\| = \|E_c\| - \|\Delta V_c\| \tag{17}$$

cu notațiile:

$$\|\Delta V_c\| = -\|B_1\|\,\|Z_1\|\,\|A_1\|^{-1}\|I_n\| = -\|Z_{c1}\|\,\|I_n\|;$$

$$\|Z_{c1}\| = \|B_1\|\,\|Z_1\|\,\|A_1\|^{-1}. \tag{18}$$

Relațiile (14) și (17) reprezintă sisteme de $l - n + 1$ ecuații cu $l - n + 1$ necunoscute, care se determină prin inversarea matricei $\|Z_c\|$ de ordinul $l - n + 1$

$$\|I_2\| = \|Z_c\|^{-1}(\|E_c\| - \|\Delta V_c\|). \tag{19}$$

Considerînd rețeaua din figura 1 se obțin următoarele expresii pentru $\|E_c\|$, $\|Z_c\|$ și $\|\Delta V_c\|$:

$$\|E_c\|_t = \left|\begin{array}{c|c} 0 & E_{24} - E_{34} \end{array}\right|, \tag{20}$$

$$\|Z_c\| = \left|\begin{array}{c|c} Z_{12} + Z_{13} + Z_{23} & Z_{23} \\ \hline Z_{23} & Z_{23} + Z_{24} + Z_{34} \end{array}\right|, \tag{21}$$

$$\|\Delta V_c\| = \left|\begin{array}{c} Z_{12}\,I_{n1} + Z_{23}\,(I_{n1} + I_{n2}) \\ \hline Z_{23}(I_{n1} + I_{n2}) + Z_{34}(I_{n1} + I_{n2} + I_{n3}) \end{array}\right|. \tag{22}$$

Calculînd matricea $\|E_c\|$ cu relația (14) pentru un caz general se constată că ea are ca termeni sumele tensiunilor electromotoare din ciclurile independente C_i. Pe baza acestei observații matricea $\|E_c\|$ poate fi scrisă direct fără a mai efectua calculele din (15).

Matricea $\|Z_c\|$ poate fi, de asemenea, scrisă direct, observînd că în căsuțele de pe diagonală apar sumele impedanțelor laturilor incidente la ciclurile C_i, iar în restul căsuțelor intervin impedanțele laturilor incidente la perechile de cicluri C_i și C_j.

Matricea $\|\Delta V_c\|$, care se calculează cu relația (17), are ca termeni sumele căderilor de tensiune provocate de curenții I_n la trecerea prin laturile arbore, care fac parte din ciclurile independente C_i. Aceste căderi de tensiune se determină în ipoteza că laturile coarde sînt deschise, astfel că rețeaua devine ramificată și formată numai din laturile arbore.

După determinarea lui $\|I_2\|$ din (19) se determină $\|I\|$ cu a doua ecuație topologică din sistemul III și apoi $\|V\|$ cu ajutorul ecuațiilor de funcționare a laturilor. Folosind ultima ecuație topologică din sistemul III se determină și $\|V_n\|$.

Aplicația 3. Se consideră rețeaua de la aplicația 1.

Folosind relațiile (20), (21) și (22) se calculează:

$$\|E_c\| = \left|\begin{array}{c} 0 \\ \hline 20 \end{array}\right|; \quad \|Z_c\| = \left|\begin{array}{c|c} 20 & 5 \\ \hline 5 & 20 \end{array}\right|;$$

$$\|\Delta V_c\| = \left|\begin{array}{c} +5\cdot 3 + 5\cdot 8 \\ \hline 5\cdot 8 + 10\cdot 10 \end{array}\right| = \left|\begin{array}{c} 55 \\ \hline 140 \end{array}\right|.$$

Inversînd matricea $\|Z_c\|$ și introducînd în (19) se obține:

$$\|I_2\| = \frac{1}{3\cdot 25}\left|\begin{array}{c|c} 4 & -1 \\ \hline -1 & 4 \end{array}\right|\left[\left|\begin{array}{c} 0 \\ \hline 20 \end{array}\right| - \left|\begin{array}{c} 55 \\ \hline 140 \end{array}\right|\right] = \frac{1}{3\cdot 25}\left|\begin{array}{c|c} 4 & -1 \\ \hline -1 & 4 \end{array}\right|\left|\begin{array}{c} -55 \\ \hline -120 \end{array}\right| = \frac{1}{3}\left|\begin{array}{c} -4 \\ \hline -17 \end{array}\right| = \left|\begin{array}{c} I_{13} \\ \hline I_{24} \end{array}\right|.$$

Se calculează curenții din laturile arbore:

$$\|I_1\| = \left|\begin{array}{c|c|c} -1 & & \\ \hline -1 & -1 & \\ \hline & -1 & \end{array}\right|\frac{1}{3}\left|\begin{array}{c} -4 \\ \hline -17 \end{array}\right| - \left|\begin{array}{c|c|c} 1 & & \\ \hline 1 & 1 & \\ \hline 1 & 1 & 1 \end{array}\right|\left|\begin{array}{c} +3 \\ \hline +5 \\ \hline +2 \end{array}\right| = \frac{1}{3}\left|\begin{array}{c} 4 \\ \hline 21 \\ \hline 17 \end{array}\right| - \left|\begin{array}{c} +3 \\ \hline +8 \\ \hline +10 \end{array}\right| = \frac{1}{3}\left|\begin{array}{c} -5 \\ \hline -3 \\ \hline -13 \end{array}\right| = \left|\begin{array}{c} I_{12} \\ \hline I_{23} \\ \hline I_{34} \end{array}\right|.$$

Tensiunile la borne rezultă din ecuația de funcționare a laturilor:

$$\|V\| = \|E\| - \|Z\|\,\|I\| = \left|\begin{array}{c} 0 \\ \hline 0 \\ \hline -120 \\ \hline 0 \\ \hline -100 \end{array}\right| - \left|\begin{array}{c|c|c|c|c} 5 & & & & \\ \hline & 5 & & & \\ \hline & & 10 & & \\ \hline & & & 10 & \\ \hline & & & & 5 \end{array}\right|\frac{1}{3}\left|\begin{array}{c} -5 \\ \hline -3 \\ \hline -13 \\ \hline -4 \\ \hline -17 \end{array}\right| = \left|\begin{array}{c} 0 \\ \hline 0 \\ \hline -120 \\ \hline 0 \\ \hline -100 \end{array}\right| - \frac{1}{3}\left|\begin{array}{c} -25 \\ \hline -15 \\ \hline -130 \\ \hline -40 \\ \hline -85 \end{array}\right| = \frac{1}{3}\left|\begin{array}{c} 25 \\ \hline 15 \\ \hline -230 \\ \hline 40 \\ \hline -215 \end{array}\right|.$$

Potențialele la noduri se calculează cu aceeași relație ca la aplicația 2.

5. Metoda transformării ecuațiilor

Se consideră ecuațiile de funcționare a laturilor și se scriu sub forma generală:

$$\|a\| \, \|x\| + \|y\| = \|b\|, \tag{23}$$

în care:

$\|a\|$ este matricea pătrată a impedanțelor sau a admitanțelor;
$\|x\|$ — matricea coloană a curenților din laturi sau a tensiunilor la borne;
$\|y\|$ — matricea coloană a tensiunilor la borne sau a curenților din laturi;
$\|b\|$ — matricea coloană a tensiunilor electromotoare sau a curenților de scurtcircuit.

Se pune problema de a transforma sistemul de ecuații (23), astfel încît să se obțină un sistem mai ușor de rezolvat. Sînt două posibilități în acest sens, care trebuie folosite succesiv: în primul rînd trebuie cercetată posibilitatea diagonalizării matricei $\|a\|$ după care se trece la eliminarea unor necunoscute cu ajutorul ecuațiilor topologice.

Trebuie observat că diagonalizarea matricei $\|a\|$ fără a mări ordinul ei, nu este posibilă, în general, pentru rețelele monofazate sau trifazate în care intervin impedanțe mutuale între laturi. Această posibilitate apare numai în cazul particular, deosebit de important în practică, cînd rețeaua este trifazată și de construcție simetrică pe cele trei faze. În acest caz impedanțele mutuale apar numai între fazele acelorași laturi trifazate, astfel că matricea $\|a\|$ poate fi scrisă sub forma:

$$\|a\| = \begin{array}{c|cc} & 12 & 23 \\ \hline 12 & \|a_{12}\| & \\ \hline 23 & & \|a_{23}\| \end{array},$$

în care submatricele $\|a_{12}\|$ și $\|a_{23}\|$ corespund laturilor trifazate și au forma particulară:

$$\|a_{ri}\| = \begin{array}{c|ccc} & a & b & c \\ \hline a & a_p & a_m & a'_m \\ \hline b & a'_m & a_p & a_m \\ \hline c & a_m & a'_m & a_p \end{array}$$

Considerînd că rețeaua este trifazată simetrică și folosind posibilitatea de diagonalizare a matricei $\|a\|$ se obține noul sistem de ecuații:

$$\|a'\| \, \|x'\| + \|y'\| = \|b'\|, \tag{24}$$

în care:

$$\begin{cases} \|x\| = \|M\| \, \|x'\| \\ \|b'\| = \|P\| \, \|b\| \end{cases}. \tag{25}$$

Introducînd (25) în (23) și comparînd cu (24) se poate scrie:

$$\begin{aligned} \|y'\| &= \|P\| \, \|y\| \\ \|a'\| &= \|P\| \, \|a\| \, \|M\|. \end{aligned} \tag{26}$$

Matricele $\|M\|$ și $\|P\|$ ale acestei transformări trebuie să fie pătrate și de ordin egal cu ordinul matricei $\|a\|$. Numărul de necunoscute în cele două sisteme de ecuații rămîne același; în schimb matricea $\|a'\|$ este adusă la forma diagonală.

Diagonalizarea matricei $\|a\|$ în cazul rețelelor trifazate, care au o construcție simetrică pe faze, se realizează prin trecerea de la ecuațiile (23), scrise pentru fiecare fază, la ecuațiile (24) scrise în componente simetrice. Componentele simetrice se definesc cu relații analoge cu (25):

$$\begin{cases} \|x'\| = \dfrac{1}{3} \, \|C_s\| \, \|x\| \quad \text{sau} \quad \|x\| = \|C_s\|_t^* \, \|x'\| \\ \|b'\| = \dfrac{1}{3} \, \|C_s\| \, \|b\|, \end{cases} \tag{27}$$

în care $\|C_s\|$ este matricea de conexiune din teoria componentelor simetrice:

$$\|C_s\| = \begin{array}{c|ccc} & a & b & c \\ \hline d & 1 & a & a^2 \\ \hline i & 1 & a^2 & a \\ \hline h & 1 & 1 & 1 \end{array} \tag{28}$$

cu notația:

$$a = e^{\frac{2\pi}{3} j} = -\frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2}.$$

Comparînd (25) cu (27) rezultă:

$$\begin{cases} \|M\| = \|C_s\|_t^* \\ \|P\| = \dfrac{1}{3} \, \|C_s\| \end{cases}$$

și apoi

$$\|M\| = 3 \, \|P\|_t^*, \tag{29}$$

astfel că matricea $\|a'\|$ are expresia:

$$\|a'\| = \frac{1}{3} \, \|C_s\| \, \|a\| \, \|C_s\|_t^*. \tag{30}$$

După obținerea matricei diagonale $\|a'\|$ sistemul de ecuții (24) poate fi împărțit în trei sisteme de ecuații independente, corespunzătoare celor trei rețele fictive de succesiune directă, inversă și homopolară. În cazul regimului simetric, tensiunile electromotoare din rețelele de succesiune inversă și homopolară rezultă nule și deci aceste rețele nu sînt parcurse

de curent. În consecință, pentru studiul regimului simetric se folosește numai rețeaua directă, așa că numărul de ecuații din sistemul (24) se reduce la o treime.

În continuare se folosește cea de-a doua posibilitate de transformare, aducînd sistemul (24) la forma:

$$\|a''\| \, \|x''\| = \|b''\|, \tag{31}$$

în care:

$$\begin{cases} \|b''\| = \|P'\| \, \|b'\| \\ \|a''\| = \|P'\| \, \|a'\| \, \|M'\|. \end{cases} \tag{32}$$

Trecerea de la sistemul (24) la sistemul (31) se realizează cu ajutorul a două matrice $\|P'\|$ și $\|M'\|$, care se aleg ținînd seamă de ecuațiile topologice ale rețelei.

Matricea $\|P'\|$ se alege astfel încît să fie satisfăcută condiția:

$$\|Y''\| = \|P'\| \, \|Y'\| = 0. \tag{33}$$

Examinînd ecuațiile topologice se constată că sînt trei posibilități pentru satisfacerea condiției (33):

— pentru $\|Y'\| = \|V\|$ se impune $\|P'\| = \|B\|$;

— pentru $\|Y'\| = \|I\|$ se alege $\|P'\| = \|A\|$

sau $\|P'\| = \|C\|$.

După alegerea matricei $\|P'\|$ rezultă o condiție restrictivă pentru alegerea matricei $\|M'\|$, care trebuie să aibă numărul de rînduri egal cu numărul de coloane al matricei $\|P'\|$. Ținînd seamă de această condiție restrictivă se alege matricea $\|M\|'$, astfel încît să permită exprimarea lui $\|x'\|$ în funcție de $\|x''\|$:

$$\|x'\| = \|M'\| \, \|x''\|. \tag{34}$$

Examinînd ecuațiile topologice se constată că sînt următoarele posibilități pentru satisfacerea condiției (34):

— pentru $\|P'\| = \|B\|$ se impune $\|M'\| = \|B\|_t$;

— pentru $\|P'\| = \|A\|$ se alege $\|M'\| = \|A\|_t$

sau $\|M'\| = \|C\|_t$;

— pentru $\|P'\| = \|C\|$ se alege $\|M'\| = \|C\|_t$

sau $\|M'\| = \|A\|_t$.

Din cele arătate rezultă cîteva particularități importante ale transformărilor efectuate cu ajutorul matricelor $\|A\|$, $\|B\|$ și $\|C\|$.

Transformarea efectuată cu matricea $\|B\|$ este strict determinată și are ca urmare satisfacerea condiției:

$$\|M'\| = \|P'\|_t. \tag{35}$$

Transformările efectuate cu matricele $\|A\|$ și $\|C\|$ prezintă două variante, dintre care primele două satisfac condiția (35), iar ultimele două nu satisfac această condiție.

Folosind transformările care satisfac condiția (35), se obțin rezultatele din cele trei metode studiate anterior, în care matricea $\|a''\|$ se exprimă prin relații de forma:

$$\|a''\| = \|P'\| \, \|a'\| \, \|P'\|_t. \tag{36}$$

Folosind transformările care nu satisfac condiția (35) se obțin ecuații transformate de forma:

$$\begin{cases} \|A\| \, \|Y\| \, \|C\|_t \, \|V_1\| = \|A\| \, \|J\| \\ \|C\| \, \|Y\| \, \|A\|_t \, \|V_n\| = \|C\| \, \|J\|. \end{cases} \tag{37}$$

Din cele arătate rezultă că transformarea cu matricea $\|B\|$ este singura care duce la o formă unică a ecuațiilor transformate. Această particularitate se explică prin faptul că transformarea cu matricea $\|B\|$ folosește teorema a doua a lui Kirchhoff pentru eliminarea lui $\|V\|$, în timp ce celelalte două transformări folosesc teorema mai generală a potențialului scalar pentru exprimarea lui $\|V\|$ în funcție de $\|V_n\|$ sau de $\|V_1\|$.

Faptul că în transformarea matricei $\|B\|$, condiția (35) se realizează cu necesitate, nu înseamnă că în acest caz teorema a doua a lui Kirchhoff este satisfăcută automat, o dată cu alegerea dependenței dintre curenții ecuațiilor inițiate și curenții ecuațiilor transformate $\|I\| = \|B\|_t \, \|I_2\|$. Condiția (35) rezultă ca o consecință tocmai în urma folosirii teoremei lui Kirchhoff în scopul eliminării lui $\|V\|$ din ecuațiile considerate. Pentru aceste motive transformarea ecuațiilor de la forma (24) la forma (31) nu se poate face numai pe baza relațiilor dintre curenți, așa cum se procedează în metoda lui G. Kron [4].

Metoda transformării ecuațiilor este mai generală decît cele studiate anterior. Ea include toate transformările determinate de ecuațiile topologice, cum și un număr nelimitat de transformări care folosesc matricele nesingulare $\|M\|$ și $\|P\|$ de ordin egal cu ordinul matricei $\|a\|$.

Este necesar să se facă distincție între aceste două categorii de transformări.

Prima categorie de transformări este determinată de proprietățile topologice ale rețelei și poate avea trei forme distincte care satisfac condiția (35) și două forme auxiliare, care nu o satisfac. Aceste transformări topologice ale rețelei folosesc matricele singulare $\|A\|$, $\|B\|$, $\|C\|$ și de aceea ele sînt, în general, ireversibile în sensul că din ecuațiile transformate nu se pot obține ecuațiile inițiale printr-o nouă transformare.

În particular, ecuațiile transformate cu matricea $\|A\|$, împreună cu ecuațiile topologice exprimate tot cu matricea $\|A\|$, permit reconstruirea rețelei inițiale. Această operație nu este posibilă în cazul matricelor $\|B\|$ și $\|C\|$, deoarece cunoașterea lor nu este suficientă pentru reconstituirea grafului.

A doua categorie de transformări poate fi arbitrară, cu singurele restricții referitoare la ordinul și nesingularitatea matricelor $\|P\|$ și $\|M\|$. Aceste transformări ale ecuațiilor cu ajutorul unor relații funcționale între variabile nu duc la eliminarea unor necunoscute și de aceea sînt utile numai dacă ele duc la obținerea unei matrice $\|a'\|$ cu termeni numai pe diagonală. În acest caz alegerea relațiilor funcționale și deci a matricelor $\|P\|$ și $\|M\|$ este determinată numai de caracteristicile electrice ale rețelei, adică de matricea $\|a\|$ și, eventual, de matricea $\|b\|$. Dat fiind că transformările funcționale folosesc matricele nesingulare $\|P\|$ și $\|M\|$, este evident că ele sînt reversibile, adică din ecuațiile transformate se pot obține ecuațiile inițiale printr-o nouă transformare. Reversibilitatea transformărilor funcționale are drept consecință și comutativitatea lor cu transformările topologice.

Este important de subliniat unele particularități ale transformărilor topologice și funcționale în legătură cu problema conservării puterilor debitate de surse. Luînd în considerare numai transformările în care sînt satisfăcute condiții de forma (35) se pot scrie relațiile:

$$\begin{cases} \|b''\|_t^* \ \|x''\| = \|b'\|_t^* \ \|P'\|_t^* \ \|x''\| = \|b'\|_t^* \ \|x'\| \\ \|b'\|_t^* \ \|x'\| = \|b\|_t^* \ \|P\|_t^* \ \|x'\| = \|b\|_t^* \ \|x\|. \end{cases} \tag{38}$$

Relațiile (38) arată că în rețeaua inițială și în rețelele transformate, suma puterilor debitate de surse rămîne aceeași dacă este îndeplinită condiția generală:

$$\|M'\| = \|P'\|_t^* \tag{39}$$

care este satisfăcută, în praticular, de matricele cu termeni reali $\|M'\|$ și $\|P'\|$ din (35).

Deoarece condiția (39) este îndeplinită cu necesitate numai în transformarea topologică în care se folosește matricea $\|B\|$, rezultă că în acest caz se realizează cu necesitate conservarea puterilor. Pentru toate celelalte transformări topologice sau funcționale, conservarea puterilor poate să rezulte ca o consecință a alegerii matricelor $\|P\|$ și $\|M\|$, fără însă ca aceasta să fie o condiție necesară a transformărilor.

În cazul particular al transformării din metoda componentelor simetrice se constată că suma puterilor nu se conservă, dată fiind relația (29) pe baza căreia rezultă:

$$\|b'\|_t^* \ \|x'\| = \|b\|_t^* \ \|P\|_t^* \ \|x'\| =$$

$$= \frac{1}{3} \|b\|_t^* \ \|x\| \neq \|b\|_t^* \ \|x\|.$$

Există posibilitatea să se aleagă un sistem de componente simetrice care să ducă la diagonalizarea matricei $\|a'\|$ și în același timp la conservarea puterilor. Acest sistem este dat de relațiile analoge cu (27):

$$\begin{cases} \|x'\| = \|C_s\| \ \|x\| \\ \|b'\| = \frac{1}{3} \|C_s\| \ \|b\| \end{cases}, \tag{40}$$

din care rezultă:

$$\|M\| = \|P\|_t^* = \frac{1}{3} \|C_s\|_t^*. \tag{41}$$

Transformarea impusă de relațiile (40) prezintă avantajul conservării puterilor, însă acest avantaj este obținut cu prețul renunțării la relațiile simetrice (27).

Transformările efectuate asupra rețelei inițiale sau primare pot fi interpretate și ca transformări ale unor rețele elementare. Aceste rețele elementare sînt circuite deschise, constituite din laturile rețelei primare, care sînt reprezentate separat pe baza ecuațiilor de funcționare a laturilor.

Așa de exemplu, o latură trifazată dintr-o rețea trifazată simetrică se reprezintă pe baza ecuațiilor de funcționare:

$$\|Z\| \ \|I\| + \|V\| = \|E\|, \tag{42}$$

în care:

$$\|Z\| = \begin{array}{c|ccc} & a & b & c \\ \hline a & Z_p & Z_m & Z_m \\ b & Z_m & Z_p & Z_m \\ c & Z_m & Z_m & Z_p \end{array} \tag{43}$$

sau pe baza ecuațiilor de funcționare transformate în metoda componentelor simetrice:

$$\|Z_s\| \ \|I_s\| + \|V_s\| = \|E_s\|, \tag{44}$$

în care:

$$\|Z_s\| = \frac{1}{3} \|C_s\| \ \|Z\| \ \|C_s\|_t^* =$$

$$= \begin{array}{c|ccc} & d & i & h \\ \hline d & Z_p - Z_m & & \\ i & & Z_p - Z_m & \\ h & & & Z_p + 2Z_m \end{array} \tag{45}$$

În figura 3 sînt date cele două reprezentări ale unei laturi trifazate; sub forma a trei circuite elementare primitive (ecuațiile 42) și sub forma a trei circuite elementare transformate (ecuațiile 44).

Se observă că transformarea impusă de coordonatele simetrice nu schimbă numărul circuitelor elementare, ci numai valorile impedanțelor și tensiunilor electromotoare.

Dacă se reprezintă toate laturile rețelei primitive așa cum se arată în figura 3, se obține re-

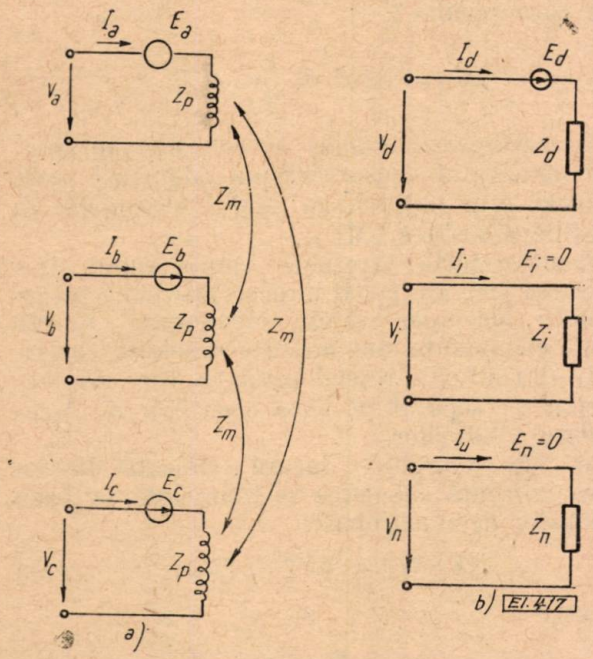


Fig. 3. Reprezentarea unei laturi trifazate prin circuite elementare :
a – circuitele elementare primare ; *b* – circuitele elementare transformate.

prezentarea prin circuite elementare a rețelei date. Aceste rețele elementare sînt întîlnite adesea în lucrările de specialitate, fiind preluate din lucrările binecunoscute ale lui G. Kron. Date fiind rezultatele remarcabile obținute de G. Kron prin folosirea rețelelor elementare este util să se arate în ce măsură ele sînt necesare în actuala teorie a grafului.

Rețelele elementare pot fi considerate ca o reprezentare mai intuitivă a laturilor rețelei primitive, în scopul scrierii matricei $\|Z\|$ și a matricei de conexiune $\|B\|$ dintre curenții din laturi $\|I\|$ și curenții ciclici $\|I_c\|$. Considerăm că această reprezentare intuitivă este astăzi depășită dat fiind că matricele $\|Z\|$ și $\|B\|$ se scriu în mod mecanic prin examinarea laturilor rețelei și grafului corespunzător.

Metoda lui G. Kron atribuie în continuare rețelelor elementare și un alt rol. Se consideră că ecuațiile de funcționare a rețelelor elementare sînt :

$$\|Z\| \; \|I\| = \|E\| \qquad (46)$$

și aceste ecuații se transformă cu ajutorul relației :

$$\|I\| = \|B\| \; \|I_c\| \qquad (47)$$

Rezultatele obținute în urma acestei transformări corespund cu cele din metoda curenților ciclici :

$$\|B\|_t \; \|Z\| \; \|B\| \; \|I_c\| = \|B\|_t \; \|E\| \qquad (48)$$

Deși rezultatul obținut este corect se observă că demonstrația este artificială, deoarece pornește de la relația incorectă (46) în locul relației corecte (42). Folosirea relației incorecte (46) duce și la o reprezentare lipsită de sens a rețelelor elementare, care sînt considerate ca circuite închise, fără tensiuni la borne. Incorectitudinea relației (46) este evidentă, însă faptul că duce la rezultate corecte a făcut ca ea să fie preluată în multe lucrări de specialitate.

Este ușor de arătat de ce relația incorectă (46) duce la rezultate corecte. Aceasta se datorește faptului că transformarea impusă de (48) are ca urmare realizarea condiției $\|B\|_t \; \|V\| = 0$. În consecință, ecuațiile transformate (48) se obțin fie plecînd de la relațiile (42), fie de la relațiile incorecte (46). Transformarea efectuată de G. Kron implică satisfacerea teoremei a doua a lui Kirchhoff, care nu apare însă explicit în nici una dintre relațiile folosite.

6. Concluzii asupra metodelor de calcul

Făcînd abstracție de transformările funcționale ale ecuațiilor rezultă că metodele de bază pentru rezolvarea lor sînt : metoda potențialelor la noduri, metoda perechilor de noduri, metoda curenților ciclici.

Comparînd relațiile celor trei metode de calcul se observă analogia dintre ultimele două metode : a perechilor de noduri și a curenților ciclici. Ambele metode folosesc marticele mai simple $\|C\|$ sau $\|B\|$ în locul matricei $\|A\|$, dar fac apel la submatricea $\|A_1\|$ atunci cînd rețeaua este cu curenți la noduri și cînd se pune problema determinării potențialelor la noduri.

Aplicînd succesiv metodele de calcul se constată că este întotdeauna mai comodă folosirea a două matrice mai simple $\|C\|$ și $\|A_1\|$ sau $\|B\|$ și $\|A_1\|$ în locul unei singure matrice mai complicate $\|A\|$. Pentru acest motiv, ultimele două metode au, în general, o utilizare mai largă decît prima. Uneori în calculele practice ale rețelelor trifazice, interesează în primul rînd curenții din laturi și tensiunile la borne, în timp ce potențialele nodurilor pot să rămînă nedeterminate ; în aceste cazuri nu mai este necesară cunoașterea submatricei $\|A\|$ și deci calculul se face numai cu ajutorul matricelor $\|B\|$ și $\|C\|$.

Metoda perechilor de noduri, la fel ca și metoda potențialelor la noduri, duce la rezolvarea unui sistem de ecuații cu $n-1$ necunoscute, în timp ce metoda curenților ciclici duce la rezolvarea unui sistem de ecuații cu $l-n-1$ necunoscute. Evident că în cazul unei rețele

date este recomandabil să se aplice metoda care duce la rezolvarea unui sistem de ecuații cu un număr minim de necunoscute.

Din examinarea schemelor de conexiuni a rețelelor electrice trifazate se constată că numărul de cicluri independente $(l-n+1)$ este de cele mai multe ori mai mic decît numărul laturilor arbore $(n-1)$ și de aceea metoda curenților ciclici este, de cele mai multe ori, mai comodă decît metoda perechilor de noduri. Această împrejurare se întîlnește, în special, la studiul rețelelor trifazate în regim simetric permanent, cînd consumatorii și sursele sînt date sub forma unor puteri injectate sau extrase din noduri.

Pentru a scoate în evidență avantajul metodei curenților ciclici în cazul rețelelor cu curenți la noduri s-a întocmit tabela 3 în care sînt date expresiile matricelor $\|Z_n\|$, $\|Z_s\|$ și $\|\alpha\|$ în cele trei metode. După determinarea acestor matrice se calculează mărimile de stare electrice ale rețelei:

$$\begin{aligned} \|V_n\| &= -\|Z_n\|\,\|I_n\| \\ \|V\| &= \|Z_s\|\,\|I_n\| \\ \|I\| &= -\|\alpha\|\,\|I_n\|. \end{aligned} \qquad (49)$$

Examinînd tabela 3 se constată că relațiile sînt mai complicate în metoda curenților ciclici decît în primele metode. La alegerea metodei însă trebuie să se țină seamă nu de complexitatea relațiilor, ci de aceea a calculelor, adică să se țină seamă de ordinul matricelor $\|Y_n\|$, $\|Y_s\|$ și $\|Z_c\|$, care trebuie inversate. Așa de exemplu, în cazul schemei din figura 4 ordinul matricelor $\|Y_n\|$ și $\|Y_s\|$ este $n-1=5$, iar ordinul matricei $\|Z_c\|$ este $l-n+1=2$. Aplicația care se dă în continuare scoate în evidență simplitatea calculelor din metoda curenților ciclici în cazul schemei din figura 4.

Relațiile stabilite pentru aplicarea metodei curenților ciclici în cazul rețelelor cu curenți la noduri prezintă importanță nu numai pentru simplificarea calculelor, dar și pentru faptul că permit studiul interconectării acestor rețele, cum și studiul nesimetriilor multiple din rețelele electrice trifazate. Aceste probleme vor fi prezentate într-o altă lucrare.

Aplicația 4. Se consideră o rețea electrică de curent continuu avînd schema din figura 4, în care rezistențele sînt date în ohmi, iar curenții la noduri, în amperi.

Numărul de laturi arbore este 5, iar numărul de cicluri independente este 2. În consecință, metoda curenților ciclici este mult mai avantajoasă decît celelalte două. Pentru a scoate în evidență avantajul metodei se vor scrie și matricele $\|Y_n\|$, $\|Y_s\|$ și se vor compara cu $\|Z_c\|$.

Matricele pentru calculul rețelelor cu curenți la noduri *Tabela 3*

Matricele utilizate	$\|Z_n\|$	$\|Z_s\|$	$\|\alpha\|$
$\|A\|$	$\|Y_n\|^{-1}$	$\|A\|_t\ \|Y_n\|^{-1}$	$\|Z\|^{-1}\ \|A\|_t\ \|Y_n\|^{-1}$
$\|C\|$ și $\|A_1\|$	$\|A_1\|^{-1}\ \|Y_s\|^{-1}$	$\dfrac{\|Y_s\|^{-1}}{\|A_1\|^{-1}\ \|Y_s\|^{-1}}$	$\|Z\|^{-1}\dfrac{\|Y_s\|^{-1}}{\|A_1\|^{-1}\ \|Y_s\|^{-1}}$
$\|B\|$ și $\|A_1\|$	$\|A_1\|^{-1}\,\|Z_1\|\ \|\alpha_1\|$ $\|\alpha_1\| = \|B_1\|_t\,\|\alpha_2\| + \|A_1\|^{-1}$ $\|\alpha_2\| = \|Z_c\|\ \|B_1\|Z_1\|\ \|A_1\|^{-1}$	$\|Z\|\dfrac{\|\alpha_1\|}{\|\alpha_2\|}$	$\dfrac{\|\alpha_1\|}{\|\alpha_2\|}$

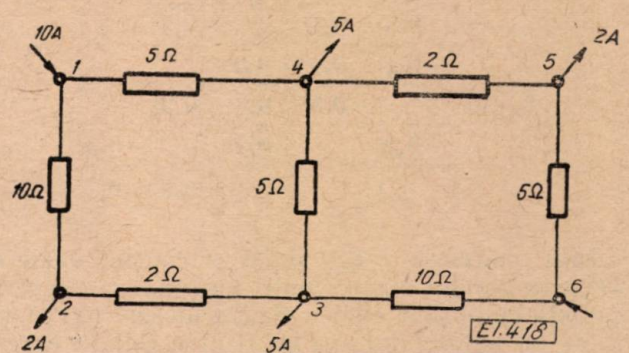


Fig. 4. Schema de calcul pentru aplicația 4.

Se numerotează nodurile și se aranjează laturile în ordinea: L_{12}, L_{23}, L_{34}, L_{45}, L_{56}, L_{14}, L_{36}.

Se scriu matricele de incidență:

$$\|A\| = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 1 & & & & & & \\ \hline -1 & 1 & & & & & \\ \hline & -1 & 1 & & & & 1 \\ \hline & & -1 & 1 & & -1 & \\ \hline & & & -1 & 1 & & \\ \hline \end{array},$$

$$\|B\| = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|} \hline -1 & -1 & -1 & & & 1 & \\ \hline & & -1 & -1 & -1 & & 1 \\ \hline \end{array};$$

$$\|C\| = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|}\hline 1 & & & & & 1 & \\ \hline & 1 & & & & 1 & \\ \hline & & 1 & & & 1 & 1 \\ \hline & & & 1 & & & 1 \\ \hline & & & & 1 & & 1 \\ \hline \end{array}.$$

Se calculează matricele $\|Y_n\|$, $\|Y_s\|$ și $\|Z_c\|$

$$\|Y_n\| = \begin{array}{|c|c|c|c|c|}\hline Y_{12}+Y_{14} & -Y_{12} & & -Y_{14} & \\ \hline -Y_{12} & Y_{12}+Y_{23} & -Y_{23} & & \\ \hline & -Y_{23} & Y_{23}+Y_{34}+Y_{36} & -Y_{34} & \\ \hline -Y_{14} & & -Y_{34} & Y_{34}+Y_{45}+Y_{14} & -Y_{45} \\ \hline & & & -Y_{45} & Y_{45}+Y_{56} \\ \hline \end{array};$$

$$\|Y_s\| = \begin{array}{|c|c|c|c|c|}\hline Y_{12}+Y_{14} & Y_{14} & Y_{14} & & \\ \hline Y_{14} & Y_{14}+Y_{23} & Y_{14} & & \\ \hline Y_{14} & Y_{14} & Y_{34}+Y_{14}+Y_{36} & Y_{36} & Y_{36} \\ \hline & & Y_{36} & Y_{36}+Y_{45} & Y_{36} \\ \hline & & Y_{36} & Y_{36} & Y_{36}+Y_{56} \\ \hline \end{array};$$

$$\|Z_c\| = \begin{array}{|c|c|}\hline Z_{12}+Z_{23}+Z_{34}+Z_{14} & Z_{34} \\ \hline Z_{34} & Z_{34}+Z_{45}+Z_{56}+Z_{36} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|}\hline 22 & 5 \\ \hline 5 & 22 \\ \hline \end{array}.$$

Introducînd valorile numerice în $\|Y_n\|$ și $\|Y_s\|$ se obține:

$$\|Y_n\| = \begin{array}{|c|c|c|c|c|}\hline 0{,}3 & -0{,}1 & & -0{,}2 & \\ \hline -0{,}1 & 0{,}6 & -0{,}5 & & \\ \hline & -0{,}5 & 0{,}8 & -0{,}2 & \\ \hline -0{,}2 & & -0{,}2 & 0{,}9 & -0{,}5 \\ \hline & & & -0{,}5 & 0{,}7 \\ \hline \end{array};$$

$$\|Y_s\| = \begin{array}{|c|c|c|c|c|}\hline 0{,}3 & 0{,}2 & 0{,}2 & & \\ \hline 0{,}2 & 0{,}6 & 0{,}2 & & \\ \hline 0{,}2 & 0{,}2 & 0{,}5 & 0{,}1 & 0{,}1 \\ \hline & & 0{,}1 & 0{,}6 & 0{,}1 \\ \hline & & 0{,}1 & 0{,}1 & 0{,}3 \\ \hline \end{array}.$$

Deși matricele $\|Y_n\|$ și $\|Y_s\|$ conțin unele elemente nule, este evident că inversarea matricei $\|Z_c\|$ de rangul 2 este mult mai ușoară. Pentru acest motiv se va aplica în continuare numai metoda curenților ciclici. Se calculează $\|\Delta V_c\|$, ținînd seamă că pentru curentul din nodul 1 trebuie să se ia semnul minus, iar pentru ceilalți curenți, semnul plus:

$$\|\Delta V_c\| = \begin{array}{|c|}\hline 10(-10)+2(-10+2)+5(-10+2+5) \\ \hline 5(-10+2+5)+2(-10+2+5+5)+5(-10+2+5+5+2) \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|}\hline -131 \\ \hline 9 \\ \hline \end{array}.$$

Inversînd matricea $\|Z_c\|$ și introducînd în (19) se obține:

$$\|I_2\| = -\frac{1}{459}\begin{array}{|c|c|}\hline 22 & -5 \\ \hline -5 & 22 \\ \hline \end{array}\begin{array}{|c|}\hline -131 \\ \hline 9 \\ \hline \end{array} = \frac{1}{459}\begin{array}{|c|}\hline +2\,927 \\ \hline -\ 853 \\ \hline \end{array} \simeq \begin{array}{|c|}\hline +6{,}4 \\ \hline -1{,}8 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|}\hline I_{14} \\ \hline I_{36} \\ \hline \end{array}.$$

Valorile obținute pentru $\|I_2\|$ se introduc în relația: $\|I_1\| = \|B_1\|_t \|I_2\| - \|A_1\|^{-1}\|I_n\|$ și se determină curenții din laturile arbore:

$$\|I_1\| = \begin{array}{|c|c|}\hline -1 & \\ \hline -1 & \\ \hline -1 & -1 \\ \hline & -1 \\ \hline & -1 \\ \hline \end{array}\begin{array}{|c|}\hline 6{,}4 \\ \hline -1{,}8 \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|c|c|c|c|}\hline 1 & & & & \\ \hline 1 & 1 & & & \\ \hline 1 & 1 & 1 & & \\ \hline 1 & 1 & 1 & 1 & \\ \hline 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}\begin{array}{|c|}\hline -10 \\ \hline 2 \\ \hline 5 \\ \hline 5 \\ \hline 2 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|}\hline -6{,}4 \\ \hline -6{,}4 \\ \hline -4{,}2 \\ \hline 1{,}8 \\ \hline 1{,}8 \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|}\hline -10 \\ \hline -\ 8 \\ \hline -\ 3 \\ \hline 2 \\ \hline 4 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|}\hline 3{,}6 \\ \hline 1{,}6 \\ \hline -1{,}2 \\ \hline -0{,}2 \\ \hline -2{,}2 \\ \hline \end{array}.$$

Megr. neve : Ikt. sz.:

JEGYZÉK

.....
Házi jel

A .....
címkezdetű fordítást a mai napon az OMKDK fordítási osztályának leszállítottam.

Budapest, 196..... hó..... n.

.....
olvasható aláírás

.....
átutalási cím

.....
munkahely

Átvettem :.....

Terjedelem :..... oldal

Ford. díj ..... old. à 12,60 Ft.....

Sürgösségi díj ..... old. à 3.— Ft.....

Pótdíj ..... old. à 4.— Ft.....

Nehezen olvasható szöveg pótdíja 25 0/0 .....

..... pld. más. old. à 0.30 Ft.....

Kifizethető!

.....
osztályvezető

Gépírással töltendő ki.

NYILATKOZAT

Büntetőjogi felelősségem tudatában kijelentem, hogy

1. Állásban vagyok.....*

nyugdijban vagyok.....*

2. A folyó negyedévben m á s szervtől fordításért és ezzel összefüggő egyéb munkáért .....Ft-ot vettem fel.

Bruttó járandóságomból .....adót vontak le.

Budapest, 196.....

.....

aláírás

* Válasz: i g e n vagy n e m.

OMKDK Házi Nyomda

Se observă că pentru determinarea curenților din laturile arbore este necesară inversarea submatricei $\| A_1 \|$ de rangul 5. Inversarea acestei matrice se face cu ușurință dat fiind că ea conține multe elemente nule. În cazul cînd arborele grafului a fost ales ca o linie continuă, fără ramificații, inversa matricei $\| A_1 \|$ poate fi scrisă direct, observînd că ea are o formă diagonală.

Tensiunile la borne se calculează folosind ecuațiile de funcționare a laturilor din care rezultă :

$$V\| = -\begin{vmatrix} 10 & & & & & & \\ & 2 & & & & & \\ & & 5 & & & & \\ & & & 2 & & & \\ & & & & 5 & & \\ & & & & & 5 & \\ & & & & & & 10 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 3{,}6 \\ 1{,}6 \\ -1{,}2 \\ -0{,}2 \\ -2{,}2 \\ 6{,}4 \\ -1{,}8 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -3{,}6 \\ -3{,}2 \\ 6 \\ 0{,}4 \\ 11 \\ -32 \\ 18 \end{vmatrix}.$$

Potențialele nodurilor vor fi :

$$\| V_n \| = -\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ & 1 & 1 & 1 & 1 \\ & & 1 & 1 & 1 \\ & & & 1 & 1 \\ & & & & 1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} -36 \\ -3{,}2 \\ 6 \\ 0{,}4 \\ 11 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 21{,}8 \\ -14{,}2 \\ -17{,}4 \\ -11{,}4 \\ -11 \end{vmatrix}.$$

Bibliografie

[1] *Berge, C.* Théorie des graphes et ses applications. Paris, Dunod, 1958.
[2] Le *Corbeiller, P.* Analyse matricielle des réseaux électriques. Paris, Dunod, 1954.
[3] *Kron, G.* Tensor analysis of networks. New-York, Wiley, 1939.
[4] *Kron, G.* A short course in tensor analysis for electrical engineers. New York, Wiley, 1942.
[5] *Cauer, W.* Theorie der linearen Wechselstromschaltungen. Leipzig, 1941.
[6] *Maximovici, G.* Lineinîie elektriceskie țepi i ih preobrazovania. C.E.I., 1962.
[7] *Răduleț, R.* Bazele teoretice ale electrotehnicii. București, Ministerul Învățămîntului, 1952.
[8] *Bercovici, M.* Calculul matricial al rețelelor electrice. În : Bul. Inst. pol. București, **23**., 1961, p. 147—173.
[9] *Antoniu, I.* Introducere în aplicarea calculului matricial la studiul circuitelor electrice. București, Ed. Academiei, R.P.R., 1953.
[10] *Antoniu, I.* Calculul matricial și tensorial în electrotehnică. București, Ed. tehnică, 1962.
[11] *Fransua, E.* Cîteva precizări în legătură cu aplicarea de către G. Kron a calculului matricial la studiul rețelelor electrice complexe. In : Studii și cercetări de energetică **6**, 1956, p. 461—473.
[12] *Mocanu, C.* Transformările topologice ale rețelelor electrice. În : Bul. Inst. Pol. București, **9**, 1957, p. 215—253.
[13] *Preda, M.* Considerații asupra aplicării calculului matricial în studiul rețelelor electrice. In : Electrotehnica **5**, nr. 5, 1957, p. 134—138.
[14] *Pololea, E.* Schémas équivalents des systèmes électriques obtenus à l'aide du calcul matriciel. In : Bul. Inst. pol. București, **20**, 1958, p. 118—145.
[15] *Potolea, E.* Ecuațiile matriciale ale rețelelor electrice. In : Electrotehnica **12**, nr. 11, 1964, p. 405

Intrat în redacție la 25.VII.1964.

Cu privire la deducerea ecuațiilor de tensiuni ale mașinii asincrone

Vasile N. Nedelcu * — București

Lucrarea R 342/65

CZ 621.313.33.011.1.004.13

În literatura clasică, consacrată teoriei mașinii asincrone [1], [2], [3], [4], [5], [6], cum și în alte lucrări care tratează unele probleme speciale ale acesteia [7], [8], ecuațiile generale de funcționare pentru regimul staționar simetric se stabilesc prin considerații fizice generale.

Aceste ecuații, pe baza analogiei dintre mașina asincronă și transformatorul static, se reprezintă grafic prin intermediul diagramelor fazoriale sau vectoriale, considerîndu-se, de obicei, procesul care se desfășoară într-o singură fază. Procedîndu-se astfel, pe de o parte, nu se arată legătura dintre mărimile vectoriale sau fazoriale și mărimile instantanee pe care acestea le reprezintă, iar, pe de altă parte, nu se arată legătura dintre mărimile rezultate în spațiul întrefierului și mărimile simbolice utilizate.

În această lucrare, folosindu-se noțiunea de fazor spațialo-temporal reprezentativ, introdusă în [9], se vor stabili ecuațiile generale ale mașinii, care vor fi particularizate la cazul regimului permanent.

Ecuația unică vectorială a mașinii

Se vor adopta următoarele ipoteze :

— mașina de referințe este considerată ca în figura 1 ;

— sensurile pozitive vor fi asociate atît pentru stator, cît și pentru rotor conform regulei dipolului receptor [10] ;

— mașina se consideră idealizată în sensul Park ;

* Cd. șt. tehn. *V. N. Nedelcu* este conferențiar la Institutul politehnic din București.

— se adoptă sistemele naturale de coordonate (care se confundă cu axele geometrice ale înfășurărilor); pentru stator: $a,\ b,\ c,\ = n, p$; pentru rotor: $A, B, C = \nu, \mu$;

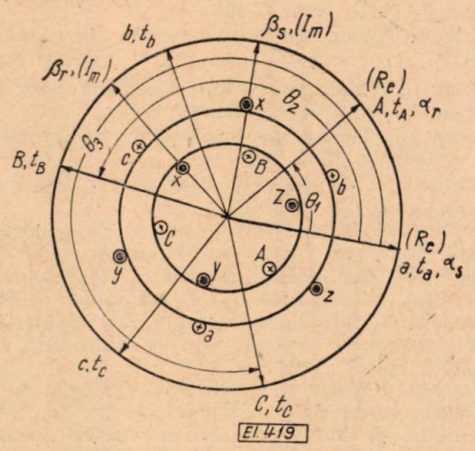


Fig. 1. Sistemele de coordonate naturale ale mașinii:
a, b, c, (α_s, β_s) — stator; A, B, C $(\alpha_r$ $\beta_r)$ — rotor.

— se vor considera numai undele spațiale fundamentale.

Considerînd ipotezele adoptate, dacă se aplică legea a II-a a lui Kirchhoff circuitului unei faze statorice sau rotorice se obține:

$$\begin{aligned} u_n &= -e_n + R_s i_n = D\Psi_n + R_s i_n; \\ u_\nu &= -e_\nu + R_r i_\nu = D\Psi_\nu + R_r i_\nu, \end{aligned} \tag{1}$$

unde: $u_n, u_\nu, e_n, e_\nu, \Psi_n, \Psi_\nu, i_n, i_\nu$ reprezintă valorile instantanee ale tensiunii la borne, ale tensiunii electromotoare, ale fluxurilor rezultante, ale curenților fazelor n și ν;

R_s, R_r — rezistențele fazelor statorului și rotorului.

Fazorii spațialo-temporali reprezentativi se obțin înmulțind ecuațiile (1) cu $\underline{\alpha}_n$ respectiv, $\underline{\alpha}_\nu$ și însumînd părțile stînga și dreapta. Avînd în vedere expresiile operatorilor:

$$\underline{\alpha}_A = \underline{\alpha}_a = e^{j2\pi};\ \underline{\alpha}_B = \underline{\alpha}_b = e^{j\rho};\ \underline{\alpha}_C = \underline{\alpha}_c = e^{j2\rho};\ (\rho = 2\pi/3).$$

După însumare se obține:

$$\begin{aligned} \underline{\dot{u}}_s &= -\underline{\dot{e}}_s + R_s \underline{\dot{i}}_s = D\underline{\dot{\Psi}}_s + R_s \underline{\dot{i}}_s; \\ \underline{\dot{u}}_r &= -\underline{\dot{e}}_r + R_r \underline{\dot{i}}_r = D\underline{\dot{\Psi}}_r + R_r \underline{\dot{i}}_r, \end{aligned} \tag{2}$$

unde: $\underline{\dot{u}}_s, \underline{\dot{u}}_r, \underline{\dot{e}}_s, \underline{\dot{e}}_r, \underline{\dot{\Psi}}_s, \underline{\dot{\Psi}}_r, \underline{\dot{i}}_s, \underline{\dot{i}}_r$ sînt fazorii spațialo-temporali reprezentativi ai mărimilor corespunzătoare, care, față de sistemele de coordonate α_s, β_s (a, b, c), respectiv α_r, β_r (A, B, C), sînt definiți prin relațiile:

$$\begin{aligned} \underline{\dot{u}}_s &= 2/3 \sum \underline{\dot{\alpha}}_n u_n = u_s\ (t) \,|\, \underline{\alpha\ (t)}; \\ \underline{\dot{\Psi}}_s &= 2/3 \sum \underline{\dot{\alpha}}_n \Psi_n = \Psi_s\ (t) \,|\, \underline{\beta\ (t)}; \\ \underline{\dot{e}}_s &= 2/3 \sum \underline{\dot{\alpha}}_n e_n = e_s\ (t) \,|\, \underline{\gamma\ (t)}; \\ \underline{\dot{i}}_s &= 2/3 \sum \underline{\dot{\alpha}}_n i_n = i_s\ (t) \,|\, \underline{\delta\ (t)}, \end{aligned} \tag{3}$$

$$\begin{aligned} \underline{\dot{u}}_r &= 2/3 \sum \underline{\dot{\alpha}}_\nu u_\nu = u_r\ (t) \,|\, \underline{\lambda\ (t)}; \\ \underline{\dot{\Psi}}_r &= 2/3 \sum \underline{\dot{\alpha}}_\nu \Psi_\nu = \Psi_r\ (t) \,|\, \underline{\eta\ (t)}; \\ \underline{\dot{e}}_r &= 2/3 \sum \underline{\dot{\alpha}}_\nu e_\nu = e_r\ (t) \,|\, \underline{\varepsilon\ (t)}; \\ \underline{\dot{i}}_r &= 2/3 \sum \underline{\dot{\alpha}}_\nu i_\nu = i_r\ (t) \,|\, \underline{\sigma\ (t)}. \end{aligned} \tag{4}$$

În cazul general, fazorii reprezentativi sînt de amplitudine variabilă și se deplasează față de sistemele de coordonate respective cu vitezele unghiulare $D\alpha$, $D\beta$, $D\gamma$, $D\delta$ (α_s, β_s) și $D\lambda$, $D\varepsilon$, $D\eta$; $D\sigma$ (α_r, β_r).

Fazorii statorului pot fi raportați la sistemele de coordonate rotoric sau, invers, fazorii rotorului pot fi raportați la sistemul de coordonate α_s, β_s.

În aceste cazuri amplitudinile lor rămîn neschimbate, modificîndu-se numai fazele. Se vor nota, în continuare, cu indicele ($''$) fazorii statorului raportați la sistemul α_r, β_r:

$$\begin{aligned} \underline{\dot{u}}_s'' &= u_s(t) \,|\, \underline{\alpha''(t)}; \quad \underline{\dot{e}}_s'' = e_s(t) \,|\, \underline{\gamma''(t)} \\ \underline{\dot{\Psi}}_s'' &= \Psi_s(t) \,|\, \underline{\beta''(t)}; \quad \underline{\dot{i}}_s'' = i_s(t) \,|\, \underline{\delta''(t)} \end{aligned} \tag{5}$$

respectiv, fazorii rotorului față de sistemul α_s, β_s:

$$\begin{aligned} \underline{\dot{u}}_r'' &= u_r(t) \,|\, \underline{\lambda''(t)}; \quad \underline{\dot{e}}_r'' = e_r(t) \,|\, \underline{\varepsilon''(t)} \\ \underline{\dot{\Psi}}_r'' &= \Psi_r(t) \,|\, \underline{\eta''(t)}; \quad \underline{\dot{i}}_r'' = i_r(t) \,|\, \underline{\sigma''(t)}. \end{aligned} \tag{6}$$

Deoarece ecuațiile (2) conțin și fluxurile rezultante și curenții, este necesar a exprima fluxurile rezultante în funcție de curenți și parametrii electromagnetici ai mașinii.

Expresiile fluxurilor rezultante

Fluxurile rezultante în înfășurările n, ν sînt date de expresiile:

$$\Psi_n = L_n i_n + \sum_{n \neq p} m_{pn} i_p + \sum_\nu m_{\nu n} i_\nu \tag{7}$$

$$\Psi_\nu = \sum_n m_{n\nu}\, i_n + L_\nu i_\nu + \sum_{\mu \neq \nu} m_{\mu\nu} i_\mu, \tag{8}$$

unde:

L_n, L_ν sînt inductivitățile totale proprii ale unei faze statorice și rotorice;

m_{pn}, $m_{\nu\mu}$ — inductivitățile mutuale dintre două faze statorice sau rotorice;

$m_{\nu n}$, $m_{n\nu}$ — inductivitățile mutuale dintre o fază a statorului și rotorului și invers.

Dacă se consideră permeanțele magnetice ale circuitelor (Λ_n, Λ_ν — permeanțele magnetice ale fazelor n, ν; $\Lambda_{s\sigma}$, $\Lambda_{r\sigma}$ — permeanțele proprii de scăpări ale unei faze statorice sau rotorice; $\Lambda_{sm\sigma}$, $\Lambda_{rm\sigma}$ — permeanțele magnetice mutuale de scăpări dintre două faze statorice sau rotorice; Λ_0 — permeanța magnetică a circuitului magnetic principal) și numărul spirelor fazelor statorului și rotorului (w_s — numărul spirelor unei faze a statorului; w_r — numărul spirelor unei

faze a rotorului), inductivitățile pot fi exprimate :

$$L_n=kw_s^2\Lambda_n=L'_{s\sigma}+L'_{sm};\quad L_\nu=kw_r^2\Lambda_\nu=L'_{r\sigma}+$$
$$+L'_{rm};\ m_{np}=m_{pn}=-M'_{s\sigma}+$$
$$+L'_{sm}\cos\theta_{pn}=-M'_{s\sigma}-1/2.L'_{sm};\ m_{\mu\nu}= \quad (9)$$
$$=m_{\nu\mu}=-M'_{r\sigma}+L'_{rm}\cos\theta_{\mu\nu}=-M'_{r\sigma}-$$
$$-1/2.L'_{rm};\ m_{n\nu}=m_{\nu n}=M'\cos\theta_{n\nu},$$

unde :

$L'_{s\sigma}$, $L'_{r\sigma}$ sînt inductivitățile proprii de scăpări ale unei faze statorice sau rotorice ;

$M_{s\sigma}$, $M_{r\sigma}$ — inductivitățile mutuale de scăpări dintre două faze statorice, respectiv rotorice ;

L'_{sm}, L'_{rm} — inductivitățile proprii mutuale ale unei faze a statorului ; M' — inductanța mutuală maximă dintre o fază a statorului și una a rotorului, care se obține în cazul cînd axele geometrice ale fazelor respective coincid :

$$L'_{s\sigma}=kw_s^2\Lambda_{s\sigma};\ L'_{r\sigma}=kw_r^2\Lambda_{r\sigma};$$
$$L'_{sm}=kw_s^2\Lambda_0\ ;\ L'_{rm}=kw_s^2\Lambda_0\ ;$$
$$M'_{s\sigma}=kw_s^2\Lambda_{sm\sigma};\ M'_{r\sigma}=kw_r^2\Lambda_{rm\sigma};\ M'=kw_sw_r\Lambda_0 \quad (10)$$

În relațiile (9), unghiurile θ_{pn}, $\theta_{\mu\nu}$ au valorile : $\theta_{pn}=\theta_{\mu\nu}=\rho$. Dacă se consideră relațiile (9), (10) cît și relațiile :

$$\Sigma i_n=0;\ \Sigma i_\nu=0;\ \Sigma\dot{\alpha}_n=0;\ \Sigma\dot{\alpha}_\nu=0;$$
$$\cos\theta_1=1/2\cdot[e\,|\,\theta_1+e\,|\,-\theta_1];$$
$$\cos\theta_2=\cos(\theta_1+\rho)=1/2\cdot[\dot{\alpha}e\,|\,\theta_1+ \quad (10')$$
$$+\dot{\alpha}^2e\,|\,-\theta_1];$$
$$\cos\theta_3=\cos(\theta_1-\rho)=1/2\cdot[\dot{\alpha}^2e\,|\,\theta_1+$$
$$+\dot{\alpha}e\,|\,-\theta_1]$$

pentru fazorul spațialo-temporal reprezentativ al fluxurilor rezultante se obține :

$$\underline{\Psi}_s=L_s\underline{i}_s+M\underline{i}_re^{j\theta_1};\ \underline{\Psi}_r=M\underline{i}_se^{-j\theta_1}+L_r\underline{i}_r \quad (11)$$

sau :

$$\underline{\Psi}_s=L_s\underline{i}_s+M\underline{i}''_r\quad \underline{\Psi}_r=M\underline{i}''_s+L_r\underline{i}_r, \quad (11')$$

unde :

L_s, L_r sînt inductanțele ciclice ale statorului și rotorului ;

M — inductanța mutuală ciclică dintre stator și rotor,

$$L_s=L_{s\sigma}+L_{sm};\ L_r=L_{r\sigma}+L_{rm};\ M=3/2.M' \quad (12)$$

unde :

$L_{s\sigma}$; $L_{r\sigma}$ sînt inductivitățile de scăpări rezultante ale statorului și rotorului ;

L_{sm}, L_{rm} — inductanțele mutuale ciclice ale statorului și rotorului :

$$L_{s\sigma}=L'_{s\sigma}+M'_{s\sigma};\ L_{r\sigma}=L'_{r\sigma}+M'_{r\sigma},$$
$$L_{sm}=3/2\cdot L'_{sm};\ L_{rm}=3/2\cdot L'_{rm}. \quad (12')$$

Dacă se examinează relațiile (11), respectiv (11′) se deduce regula de raportare a mărimilor rotorului la sistemul de coordonate al statorului și invers ; astfel, mărimile rotorului se raportează la sistemul α_s, β_s prin amplificarea lor cu operatorul $e^{j\theta_1}$; mărimile statorului se raportează la sistemul α_r, β_r prin amplificarea cu operatorul $e^{-j\theta_1}$.

Dacă se consideră (12, 12′) ecuațiile (11) devin :

$$\underline{\Psi}_s=\underline{\Psi}_{s\sigma}+\underline{\Psi}_{s0};\ \underline{\Psi}_r=\underline{\Psi}_{r\sigma}+\underline{\Psi}_{r0};$$
$$\underline{\Psi}_{s\sigma}=L_{s\sigma}\underline{i}_s;\ \underline{\Psi}_{r\sigma}=L_{r\sigma}\underline{i}_r; \quad (13)$$
$$\underline{\Psi}_{s0}=L_{sm}\underline{i}_s+M\underline{i}''_r;\ \underline{\Psi}_{r0}=M\underline{i}''_s+L_{rm}\underline{i}_r.$$

Ecuațiile (13) la altă scară reprezintă relația dintre fluxurile fasciculare, tensiunea magnetomotoare ; tensiunile magnetice la bornele întrefierului.

Ecuațiile regimului permanent

Dacă în ecuațiile (2) se introduc relațiile (11′) se obține :

$$\underline{u}_s=D(L_s\underline{i}_s)+D(M\underline{i}''_r)+R_s\underline{i}_s;$$
$$\underline{u}_r=DM\underline{i}''_s)+D(L_r\underline{i}_r)+R_r\underline{i}_r. \quad (14)$$

În cazul mașinii idealizate, parametrii L_s, L_r, M sînt constanți, deci în ecuații pot fi scoși în afara parantezei asupra căreia acționează operatorul D, aceste ecuații devenind astfel liniare de coeficienți constanți. În cazul mașinii reale parametrii respectivi depind de gradul de saturație al mașinii, ceea ce înseamnă că ecuațiile diferențiale vor fi neliniare. Aceste ecuații pot fi rezolvate cu ajutorul mașinilor de calcul, aproximîndu-se în fiecare caz în parte caracteristica de magnetizare a mașinii, adică stabilindu-se dependența parametrilor electromagnetici de curentul de magnetizare.

Din examinarea ecuațiilor (14) se observă că în sistemele naturale de coordonate ale mașinii α_s, β_s (stator) și α_r, β_r (rotor) în ecuațiile vectoriale ale tensiunilor mărimile reprezentative $\underline{i}_s$, $\underline{i}_r$ au faze diferite. Pentru ca sistemul să fie rezolvabil (două necunoscute) se impune trecerea la sistemul unic de coordonate.

În acest scop se alege sistemul rectangular de coordonate d, q care la momentul inițial este decalat față de sistemul α_s, β_s cu unghiul β_1 și față de sistemul α_r, β_r cu unghiul γ_1. Viteza unghiulară de rotație a sistemului d, q față de sistemul α_s, β_s este $\omega_k=D\beta_1$, iar față de sistemul de coordonate α_r, β_r este $\omega'_k=D\gamma_1$. Raportarea fazorilor reprezentativi ai statorului la sistemul de coordonate d, q se efectuează prin amplificarea acestora cu operatorul $e^{-j\beta_1}$; raportarea fazorilor reprezentativi ai rotorului la același sistem se efectuează prin amplificarea acestora cu operatorul de rotație $e^{-j\gamma_1}$.

În noul sistem de coordonate, dacă se notează cu (′) mărimile reprezentative atît ale statorului, cît și ale rotorului, ecuațiile (2), respectiv (11′), devin :

$$\begin{aligned} \underline{\dot{u}}'_s &= -\underline{\dot{e}}_s + R_s\underline{\dot{i}}'_s = (D + j\omega_k)\underline{\dot{\Psi}}'_s + R_s\underline{\dot{i}}'_s ; \\ \underline{\dot{u}}'_r &= -\underline{\dot{e}}'_r + R_r\underline{\dot{i}}'_r = (D + j\omega'_k)\underline{\dot{\Psi}}'_r + R_r\underline{\dot{i}}'_r , \end{aligned} \tag{15}$$

respectiv :

$$\begin{aligned} \underline{\Psi}'_s &= L_s\underline{\dot{i}}'_s + M\underline{\dot{i}}'_r ; \\ \underline{\dot{\Psi}}'_r &= M\underline{\dot{i}}'_s + L_r\underline{\dot{i}}'_r . \end{aligned} \tag{16}$$

Dacă se consideră viteza de rotație a rotorului ω ($\omega = D\theta_1$) și relația dintre unghiurile β_1, γ_1, θ_1 ($\gamma_1 = \beta_1 - \theta_1$) atunci, pentru ω'_k se obține : $\omega'_k = \omega_k - \omega$.

După cum se poate observa, transformarea de variabile efectuată este generală ; dacă $\omega_k = 0$ se obțin ecuațiile generale în sistemul α_s, β_s ; dacă $\omega_k = \omega$ ecuațiile se obțin în sistemul α_r, β_r ; dacă viteza de rotație a sistemului d, q este egală cu viteza de sincronism ($\omega_k = \omega$) ecuațiile vor fi raportate la sistemul sincron de coordonate. Introducînd (16) în (15) se obțin ecuațiile generale de funcționare ale mașinii în sistemul d, q de coordonate în variabile $\underline{i}_s$, $\underline{i}_r$;

$$\begin{aligned} \underline{\dot{u}}'_s &= (D + j\omega_k)L_s\underline{\dot{i}}'_s + (D + j\omega_k)M\underline{\dot{i}}'_r + R_s\underline{\dot{i}}'_s ; \\ \underline{\dot{u}}'_r &= (D + j\omega'_k)M\underline{\dot{i}}'_s + (D + j\omega'_k)L_r\underline{\dot{i}}'_r + R_r\underline{\dot{i}}'_r . \end{aligned} \tag{17}$$

Pentru regimul simetric permanent de funcționare fazorii reprezentativi se confundă cu fazorii Fresnel ai mărimilor pe fază, iar argumentele mărimilor, avînd în vedere că față de stator (sistemul α_s, β_s) toate mărimile reprezentative se rotesc cu viteza de rotație sincronă, devin :

$$\begin{aligned} &\alpha(t) = \omega t + \alpha_0 ; \quad \beta(t) = \omega t + \beta_0 ; \\ &\gamma(t) = \omega t + \gamma_0 ; \quad \delta(t) = \omega t + \delta_0 ; \\ &\lambda(t) = s\omega t + \lambda_0 ; \quad \varepsilon(t) = s\omega t + \varepsilon_0 ; \\ &\eta(t) = s\omega t + \eta_0 ; \quad \sigma(t) = s\omega t + \sigma_0 ; \\ &\theta_1 = (1 - s)\,\omega t + \theta_{10} ; \quad \beta_1 = \omega_k t + \beta_{10} ; \\ &\gamma_1 = s\omega t + \gamma_{10} , \end{aligned} \tag{18}$$

unde :

s este alunecarea mașinii ;

α_0, β_0, γ_0, δ_0, λ_0, ε_0, η_0 σ_0, θ_0, β_{10}, γ_{10} — fazele corespunzătoare momentului $t = 0$, iar față de sistemul sincron de coordonate ($\omega_k = \omega$) :

$$\begin{aligned} &\alpha'(t) = \alpha_0 - \beta_{10} ; \quad \beta'(t) = \beta_0 - \beta_{10} ; \\ &\gamma'(t) = \gamma_0 - \beta_{10} ; \quad \delta'(t) = \delta_0 - \beta_{10} ; \\ &\lambda'(t) = \lambda_0 - \gamma_{10} ; \quad \varepsilon'(t) = \varepsilon_0 - \gamma_{10} ; \\ &\eta'(t) = \eta_0 - \gamma_{10} ; \quad \sigma'(t) = \sigma_0 - \gamma_{10} . \end{aligned} \tag{19}$$

Dacă se consideră relațiile (18) și (19), ecuațiile (17), pentru regimul permanent de funcționare ($D = 0$) în sistemul sincron de coordonate, devin (mărimile fiind exprimate în unități relative) :

$$\begin{aligned} \underline{\dot{u}}'_s &= jx_s\underline{\dot{i}}'_s + jx_0\underline{\dot{i}}'_r + r_s\underline{\dot{i}}'_s ; \\ \underline{\dot{u}}'_r &= jsx_0\underline{\dot{i}}'_s + jsx_r\underline{\dot{i}}'_r + r_r\underline{\dot{i}}'_r , \end{aligned} \tag{20}$$

unde :

$$\begin{aligned} \underline{\dot{u}}'_s &= u_s\,|\underline{\alpha'(t)} ; \quad \underline{\dot{i}}'_r = i_s\,|\underline{\delta'(t)} ; \\ \underline{\dot{u}}'_r &= u_r\,|\underline{\lambda'(t)} ; \quad \underline{\dot{i}}'_r = i_r\,|\underline{\sigma'(t)} ; \end{aligned} \tag{21}$$

x_s, x_r — reactanțele ciclice ale statorului și rotorului ;

x_0 — reactanța mutuală ciclică dintre stator și rotor.

Dacă se introduc reactanțele de scăpări rezultante, ecuațiile (20) devin :

$$\begin{aligned} \underline{\dot{u}}'_s &= \dot{z}_{s\sigma}\,\underline{\dot{i}}'_s - \underline{\dot{e}}'_{s0} ; \\ \underline{\dot{u}}'_r &= \dot{z}_{r\sigma}\,\underline{\dot{i}}'_r - s\underline{\dot{e}}'_{r0} , \end{aligned} \tag{22}$$

unde :

$\underline{\dot{e}}'_{s0}$, $\underline{\dot{e}}'_{r0}$ sînt tensiunile electromotoare induse în stator și rotor, de fluxul rezultant în întrefierul mașinii ;

$\dot{z}_{s\sigma}$, $\dot{z}_{r\sigma}$ — impedanțele de scăpări ale statorului și rotorului ;

$$\dot{z}_{s\sigma} = r_s + j\,x_{s\sigma} ; \quad \dot{z}_{r\sigma} = r_r + jsx_{r\sigma} . \tag{23}$$

Diagrama fazorială a tensiunilor corespunzătoare relațiilor (20) respectiv (22) este arătată în figura 2.

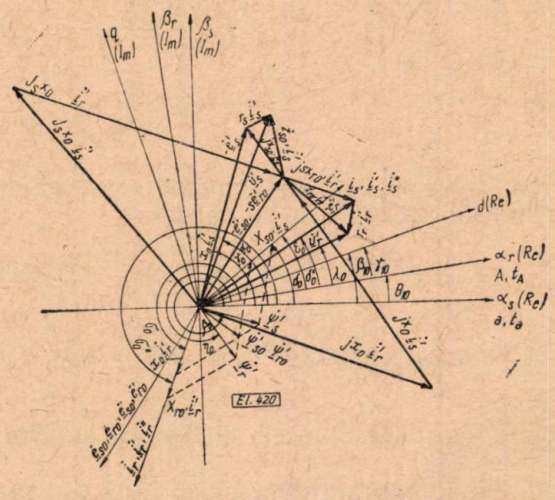


Fig. 2. Diagrama fazorială a tensiunilor mașinii asincrone cu dublă alimentare (mărimile sînt exprimate în unități relative).

Concluzie

La scrierea ecuațiilor de funcționare a mașinii asincrone trebuie precizat sistemul de coordonate de referință. Această problemă poate fi rezolvată comod pentru cazul cel mai general prin introducerea fazorilor spațialo-temporali reprezentativi ; în acest mod transcrierea ecua-

țiilor de funcționare în oricare alt sistem de coordonate capătă, de asemenea, o rezolvare simplă.

Bibliografie

[1] *Langsdorf, A. S.* Theory of Alternating-Current Machinera. New York, Mc Graw-Hill, 1955.
[2] *Hochrainer, A.* Symmetrische Komponenten in Drehstromsystemen. Berlin, Springer, 1957.
[3] *Kostenko, M. P.* și *Piotrowskij, L. M.* Elektriceskie mașinî, vol. II. Moscova, Gosenergoizdat, 1958.
[4] *Say, M. G.* The Performance and Design of Alternating-current Machines. Londra, Isac Pitman, 1961.
[5] *Bödefeld, Th.* și *Sequenz, M.* Elektrische Maschinen. Viena, Springer, 1962.
[6] *Petrov, G. N.* Elektriceskie mașinî, vol. 2. Moscova, 1956.
[7] *Bedford, R. E.* The Synchronous Double-Fed Induction Machine. In: Trans. AIEE **76**, 1957, p. 1486–1492.
[8] *Mariotti, G.* Sulla stabilita statica di una macchina ad induzione trifase. In: Elettrotecnica **47**, 1960, p. 486–498.
[9] *Nedelcu, V. N.* Cu privire la scrierea ecuațiilor generale ale mașinii sincrone. In: Electrotehnica **11**, nr. 6, p. 209–214.
[10] DIN 5489. Richtungs – und Verzeichenregeln in der Elektrizitätslehre und Elektrotechnik (Entwurf), Aprilie 1962.

Intrat în redacție la 20.IX.1964.

Scheme de izolație pentru mașinile electrice utilizate la antrenarea compresoarelor din agregatele frigorifice capsulate

J5734/67 RECORDITVA

Constantin Antohi, Virgil Bărcănescu, Paula Pascal și Elisabeta Furtunescu* – București

CZ 621.313.14.048.8:621.56/59

Scopul lucrărilor efectuate în I.C.P.E. a fost elaborarea unei scheme de izolație pentru electromotoarele asincrone utilizate la acționarea agregatelor frigorifice capsulate care funcționează cu freon 12 (CCl_2F_2) și un ulei special compatibil cu freonul 12. Materialele folosite în schemele de izolație a unui asemenea electromotor trebuie să nu-și modifice esențial caracteristicile dielectrice în prezența freonului 12 gazos sau în amestec de freon cu ulei și să asigure funcționarea îndelungată a agregatului la temperaturi de lucru în jurul a 100°C.

Simultan cu scopul principal amintit, colectivul de cercetători din I.C.P.E. a urmărit de asemenea realizarea în țară a freonului 12 și a uleiului special necesar pentru încărcarea agregatelor frigorifice capsulate. În această privință M.I.P.C. a acordat sprijinul necesar prin Institutul chimigaz Mediaș și Rafinăria nr. 1 Ploiești.

În cele ce urmează se prezintă pe scurt situația actuală în tehnica mondială, lucrările efectuate la I.C.P.E. și concluziile la care s-a ajuns pe baza rezultatelor obținute.

Situația actuală în tehnica mondială

Referitor la schema de izolație pentru motoarele de agregate frigorifice, literatura oferă date contradictorii. Astfel, în privința izolației conductoarelor, unii autori recomandă folosirea lacurilor pe bază de polivinilformal modificate cu rășini fenolice (formax, viniflex) [1]–[4], alții afirmă că rezultate mai bune se obțin folosind lacuri de emailare pe bază de poliesteri ai acidului ftalic [5],[6], în timp ce unii recomandă fără preferință utilizarea lacurilor de emailare polivinilformalice, poliuretanice sau tereftalice [7], [8].

După datele unei firme americane [9], emailul tereftalic nu rezistă la freon 22 în timp ce emailul epoxidic rezistă bine, iar emailul formax rezistă mediocru. Firma nu prezintă însă date asupra comportării acelorași sorturi de email în prezența freonului 12 care este mai puțin activ decît freonul 22.

Un alt specialist [10] afirmă că cele mai bune rezultate se pot obține folosind conductoare emailate cu lacuri siliconice. Aceste lacuri permit funcționarea îndelungată a electromotoarelor la temperaturi de ordinul a 130–140°C. La aceste temperaturi de lucru însă, uleiurile minerale obișnuit folosite la ungerea agregatelor se degradează rapid și atacă emailul siliconic. Pentru funcționare îndelungată, în afară de folosirea lacurilor siliconice de emailare și impregnare (Vernis Si 996 și Si 997 – Saint Gobain) și a țesăturilor din fire de sticlă, se recomandă utilizarea unui ulei de ungere pe bază de esteri butilici ai acidului polisilicic.

Un patent american recent [11] propune ca izolarea conductoarelor să se asigure prin emailare cu lac poliacrilic în suspensie cu apă. Restul izolației înfășurărilor se realizează din țesături din fire de sticlă impregnate cu lac poliacrilic. Impregnarea statoarelor se face de asemenea cu lac poliacrilic cu adaos de rășini fenolformaldehidice în suspensie apoasă.

Pentru unele elemente ale schemei de izolație se admite să se utilizeze în afară de lacuri poliacrilice și lacuri ori folii pe bază de rășini policarbonice, fenolice sau acetalice [11].

* *C. Antohi* este inginer principal, *V. Bărcănescu* este șef de laborator, iar *P. Pascal* și *E. Furtunescu* sînt ingineri chimiști la Institutul de cercetări și proiectări electrotehnice.

Impregnarea este, în general, aplicată numai atunci cînd nu se dispune de conductoare cu izolație rezistentă la ulei și freon sau atunci cînd se urmărește realizarea de agregate cu dimensiuni și greutăți reduse.

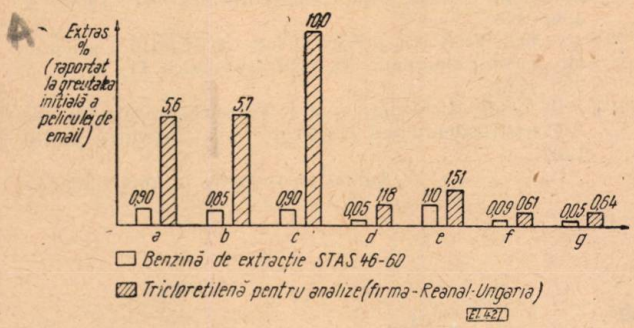


Fig. 1. Comportarea față de benzină și tricloretilenă a unor pelicule de email de pe diverse conductoare de cupru: *a* — conductor „Formax" Ø 1,16 mm; *b* — conductor „Formax", Ø 0,63 mm; *c* — conductor cu email polivinilformal Ø 0,69 mm; *d* — conductor Ø 0,65 mm emailat cu lac tereftalic brun-închis; *e* — conductor Ø 0,65 mm emailat cu lac tereftalic brun-deschis; *f* — conductor Ø 0,95 mm emailat cu lac poliuretanic; *g* — conductor Ø 0,65 mm emailat cu lac poliamidic.

Micșorarea gabaritelor electromotoarelor, cu păstrarea puterii lor nominale, ducînd la temperaturi de funcționare mai mari de 100°C impune însă renunțarea la izolația clasică din materiale celulozice și adoptarea unei izolații pe bază de țesături din fire de sticlă și lacuri din rășini sintetice rezistente la ulei și freon [10], [11], [6].

În general materialele electroizolante utilizate la izolația motoarelor din agregatele frigorifice capsulate trebuie să corespundă condițiilor tehnice prevăzute în standardele obișnuite și în plus:

— să nu se dizolve în solvenții folosiți la spălarea agregatelor;

— să fie compatibile cu uleiul și freonul folosit la umplerea agregatelor.

Metodele folosite la I.C.P.E. pentru verificarea acestor condiții tehnice sînt arătate în continuare odată cu descrierea experimentărilor.

Lucrări efectuate în I.C.P.E.

Pentru elaborarea unei scheme de izolație care să conțină materiale ce se pot ușor procura în țară, în I.C.P.E. s-au executat următoarele lucrări: încercări de compatibilitate rapide, bazate pe procedee de extracție; încercări de compatibilitate de lungă durată (cîte trei luni pentru fiecare variantă propusă).

a) *Încercări rapide.* Piesele care intră în componența agregatelor frigorifice trebuie să fie spălate foarte bine înainte de încapsulare. Solvenții cei mai frecvent folosiți în acest scop sînt tricloretilena și benzina de extracție. Pentru a determina dacă pelicula de email, respectiv izolația conductoarelor rezistă sau nu la acțiunea solvenților s-a utilizat o metodă de extracție obișnuită. La extracție s-a folosit un Soxhlet de 300 cm^3 — durata unei sifonări s-a reglat la circa 10 minute, iar timpul total de extracție s-a ales șase ore pentru ca datele obținute să poată fi comparate cu cele prezentate de literatură [5].

Extractul s-a cîntărit cu o precizie de 2.10^{-4} g după 24 ore de uscare la 105 ± 2°C; greutatea extractului a fost raportată la greutatea peliculei de lac care la rîndul ei s-a determinat scăzînd greutatea cuprului blanc din greutatea totală a conductorului emailat, uscat în prealabil timp de 24 ore la 105 ± 2°C, și lăsat să se răcească la temperatura mediului în exicator cu clorură de calciu. Greutatea totală a probelor de conductor a oscilat între 50—60 g. Îndepărtarea peliculelor de email s-a făcut la conductorul izolat cu viniflex prin încălzire în acid fosforic, iar la celelalte conductoare, cu fenol cald.

Rezultatele obținute sînt prezentate în graficul din figura 1. Din analiza lor rezultă că toate conductoarele de bobinaj produse în țară rezistă bine la spălarea cu benzină de extracție și tricloretilenă. La extracția cu tricloretilenă s-au comportat slab conductoarele marca „PEV" și „Formax" emailate cu lac pe bază de polivinilformal modificat cu fenol. Este contraindicat deci ca statoarele bobinate cu aceste conductoare să fie spălate cu tricloretilenă.

Pentru a determina compatibilitatea cu uleiul și freonul a materialelor celulozice din schema de izolație, am folosit următoarea metodă de extracție:

— uscarea materialului timp de 16 ore la 105° ± 2°C sub un vid mai mic de 1 mm col. Hg;

— cîntărire cu o precizie de 2.10^{-4}g;

— extracție în Soxhlet cu tricloretilenă cîte o sifonare la fiecare zece minute timp de opt ore;

— uscarea extractului timp de trei ore la 105° ± 2°C;

— cîntărirea extractului cu o precizie de 2.10^{-4} g;

— raportarea greutății extractului la greutatea probei uscate.

Rezultatele obținute sînt prezentate în graficul din fig. 2.

Este de știut că tricloretilena are o capacitate de dizolvare mai mare decît freonul 12 [5], [13]. Datele obținute în urma extracției cu tricloretilenă sînt deci acoperitoare pentru extracția cu freon 12. Se consideră că un material electroizolant este cu atît mai compatibil cu uleiul și freonul cu cît cantitatea de substanțe solubile în tricloretilenă fierbinte este mai mică [13].

După Bambach [15], pentru ca substanțele solubile în solvenți să nu se depună în zonele reci ale circuitului frigorific concentrația lor în amestecuri de ulei și freon trebuie să nu depășească cifra de 0,2%. Folosind datele obținute la extracția în tricloretilenă se poate astfel aprecia

cantitatea minimă de ulei necesară în cazul folosirii unor anumite materiale electroizolante.

Pentru a stabili dacă spălarea în tricloretilenă sau benzină micșorează sau nu rezistența la rupere și alungirea la rupere a prespanului, s-au efectuat peste o sută de încercări pe diverse

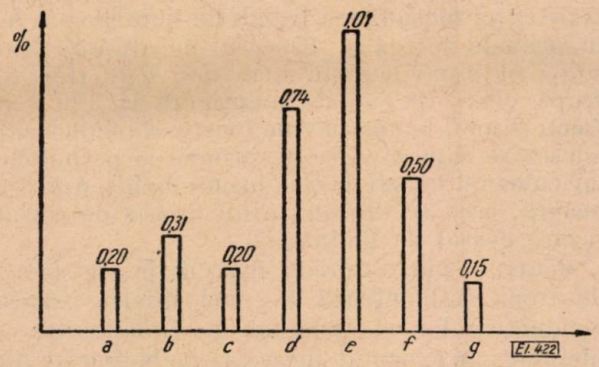


Fig. 2. Procentul de substanțe solubile în tricloretilenă la diverse materiale celulozice :

a – prespan sort I ≠ 0,46 mm ; *b* – fibră sort I ≠ 1 mm ; *c* – leteroid ≠ 1 mm ; *d* – bandă albă de bumbac 0,20 × 20 mm ; *e* – prespan sort II ≠ 0,45 mm ; *f* – prespan sort III ≠ 0,30 mm ; *g* – fibră sort III ≠ 1 mm.

probe de prespan tăiate în conformitate cu STAS 1746–61, atît transversal cît și în lungul laminării. În tabela 1 se prezintă rezultatele medii obținute.

Fiecare cifră din tabela 1 reprezintă media aritmetică a cel puțin zece determinări. Se constată că spălarea prespanului timp de opt ore în Soxhlet cu tricloretilenă sau benzină nu are o influență negativă evidentă asupra rezistenței specifice și alungirii relative la rupere. Ies în evidență de asemenea caracteristicile mecanice slabe ale prespanului sort II.

b) *Încercări de durată.* Metodele rapide de determinare a compatibilității bazate pe procedee de extracție nu pot da indicații asupra acțiunii simultane de lungă durată a tuturor factorilor care influențează îmbătrînirea izolației (freon, ulei, presiune, temperatură, vibrații etc.).

Pentru luarea în considerație a cît mai multor factori care influențează durata de viață a izolației, se recomandă încercări de durată la temperaturi ridicate a unor agregate în funcțiune, complet echipate ca în serviciu normal.

În lipsa unor asemenea agregate se pot obține rezultate suficient de concludente și prin metoda „motoretelor". Acestea sînt ansambluri sau subansambluri (bobine) care au schema de izolație ce se cercetează și care se supun unei îmbătriniri termice accelerate în mediul care interesează. În cazul nostru elementul din schema de izolație a cărei comportare în mediu de freon și ulei nu o cunoaștem este stratul de email de pe conductor. Acest fapt ne-a îndreptățit ca la încercarea de compatibilitate să folosim bobine de formă pătrată, conform VDE 0351, realizate prin înfășurarea pe un șablon corespunzător a două conductoare în paralel (în total cincizeci de spire duble).

S-au confecționat cîte cincizeci de astfel de bobine din fiecare sort de conductor care s-a încercat. S-a determinat apoi rezistența de izolație la 500 V curent continuu și tangenta unghiului de pierderi la 1 000 Hz la toate bobinele, iar pe cîte cinci din ele s-au determinat tensiunea de străpungere și rezistența la uzură a conductorului conform STAS 5924–58.

S-au definit astfel caracteristicile inițiale ale bobinelor, rezistența de izolație și tg δ, ca medie aritmetică a cel puțin 50 determinări, iar tensiunea de străpungere și rezistența la uzură prin frecare, ca media a cinci determinări. Bobinele care nu au fost încercate la străpungere s-au introdus cîte cinci în recipiente etanșe prevăzute cu garnituri de plumb și ventile pentru freon.

Tabela 1

Tipul prespanului	Cum au fost tăiate epruvetele	Rezistența specifică la rupere, kgf/cm²			Alungirea la rupere, %		
		la prespan netratat	la prespan spălat 8 h		la prespan netratat	la prespan spălat 8 h	
			cu tricloretilenă	cu benzină		cu tricloretilenă	cu benzină
1	2	3	4	5	6	7	8
Prespan sort I 0,46 mm	în sensul laminării	1 158	1 125	–	5,6	5,9	–
	transversal	377	369	–	7,6	7,5	–
Prespan sort II 0,45 mm	în sensul laminării	859	825	816	5,8	5,7	5,6
	transversal	303	306	327	6,0	6,2	6,2

După fixarea bobinelor cu ajutorul unor distanțori din tablă de oțel, s-au turnat în fiecare recipient cîte 300 ml de ulei.

După menținere timp de două ore sub vid de 1–2 mm col. Hg, în fiecare recipient s-au introdus circa 10 g freon 12 în stare gazoasă cu presiunea de 6 kgf/cm la 20°C. Odată terminată operația de umplere, ventilele s-au închis și s-au

asigurat cu capace prevăzute cu garnituri din plumb. Recipientele astfel pregătite s-au instalat orizontal într-o etuvă cu temperatura de 120° ± ±2°C. La interval de cîte 10 zile s-a scos cîte un

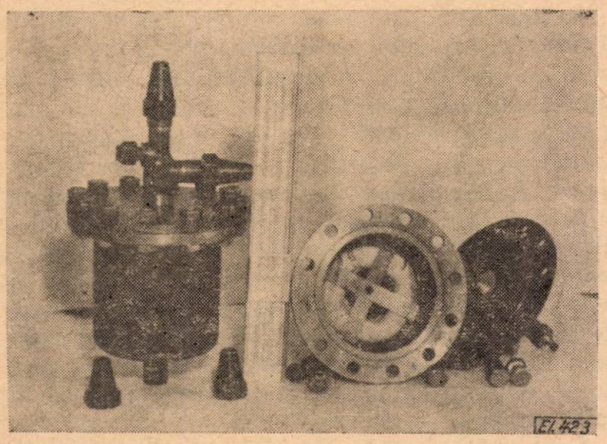


Fig. 3. Recipiente etanșe folosite la încercările de compatibilitate.

recipient din fiecare sort de conductor supus încercării. Măsurîndu-se presiunea freonului în momentul scoaterii recipientelor din etuvă s-a găsit egală cu 8,4 kgf/cm². Această valoare corespunzînd cu cea calculată conform legii lui Boyle-Mariotte-Gay-Lussac $P_t = P_0 (1 + \alpha t)$ a constituit o verificare a etanșeității recipientelor.

După răcire recipientele s-au demontat, iar bobinele s-au supus încercărilor exact în aceleași condiții ca la determinarea caracteristicilor inițiale. În urma măsurărilor efectuate s-au obținut valorile indicate în graficele din figurile 4—7.

Studiind variația în timp a rezistenței de izolație între spirele bobinelor, a tangentei unghiului de pierderi, a tensiunii de străpungere și a rezistenței peliculei de lac la uzură prin frecare se constată:

— toate bobinele confecționate cu conductoare emailate cu lac tereftalic, poliuretanic și poliamidic au căzut după 20—30 zile de încercare;

— singurul conductor care a rezistat bine acestei încercări este conductorul emailat cu lac polivinilformal;

— protejarea conductoarelor prin impregnare în lac alchidic modificat cu melamină nu dă rezultate satisfăcătoare;

— prin impregnarea dublă a conductoarelor emailate cu lac tereftalic în lac fenolformaldehidic se obține o bună protecție împotriva acțiunii uleiului și a freonului 12.

În paralel cu comportarea peliculelor de lac în procesul îmbătrînirii termice accelerate s-a urmărit și comportarea benzii de bumbac și a uleiului tip HF 12 produs în țară sau din import în prezența freonului 12 italian, sovietic și „Chimigaz"-R.P.R. (distilat și nedistilat).

Studiind variația în timp a rezistenței la rupere a benzii conform metodei prevăzută în ASTM D 1455—57 (lungimea epruvetelor 250 mm și raza dornurilor de tracțiune egală cu 25 mm) se constată că reducerea esențială a rezistenței mecanice a benzii de bumbac are loc în primele zece zile. Procesul de alterare continuă și după aceasta însă mai lent (fig. 8). După circa 70 zile de menținere la 120°C în freon și ulei, banda devine foarte sfărîmicioasă, adesea se rupe cînd se desprinde de pe bobine, iar culoarea benzii devine brună-închis, aproape neagră, ceea ce dovedește un proces de carbonizare destul de înaintat.

Pentru a putea aprecia dacă diversele sorturi de freon influențează în mod diferit izolația conductoarelor și procesul de îmbătrînire al uleiului s-au executat încercări ale bobinelor din conductoare emailate cu lac polivinilformal cu diametrul de 0,69 mm în următoarele variante.

1. În ulei pentru freon 12 produs în R.P.R. cu freon 12 italian „Montecatini"; freon 12

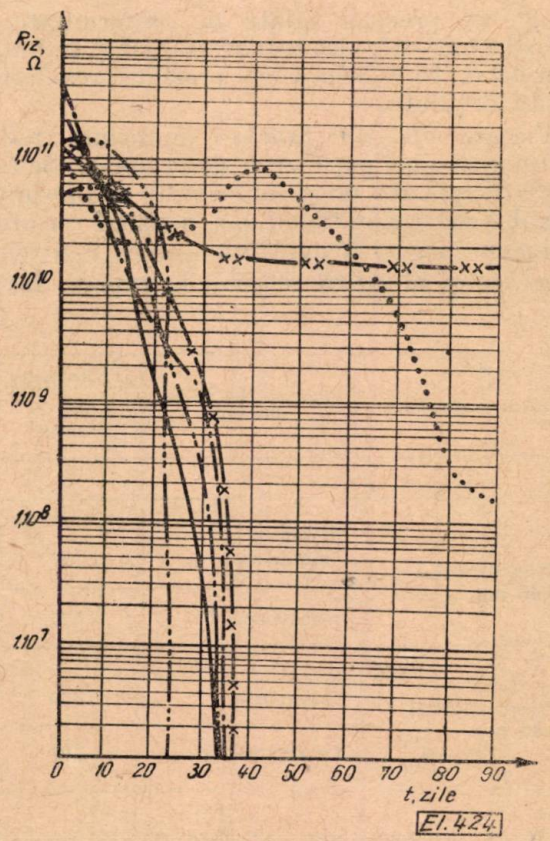


Fig. 4. Variația în timp a rezistenței de izolație a bobinelor supuse îmbătrînirii în ulei pentru freon și freon 12:

———— conductor Ø 0,65 mm emailat cu lac tereftalic brun-închis; –·– conductor Ø 0,50 mm emailat cu lac tereftalic brun-închis; –··– conductor Ø 0,65 mm emailat cu lac poliamidic; –···– conductor Ø 0,90 mm emailat cu lac poliuretanic; · · · · · · · · conductor Ø 0,69 mm emailat cu lac viniflex; x——x——x conductor Ø 0,65 mm emailat cu lac tereftalic și impregnat cu lac alchidic modificat cu melamină: xx——xx——xx conductor Ø 0,65 mm emailat cu lac tereftalic și impregnat cu lac fenolformaldehidic.

romînesc „Chimigaz" nedistilat; freon 12 romînesc „Chimigaz" distilat; freon 12 sovietic.

2. În ulei tip HF 12 sovietic (GOST 5546—59) cu freon 12 sovietic; freon 12 romînesc „Chimigaz" distilat.

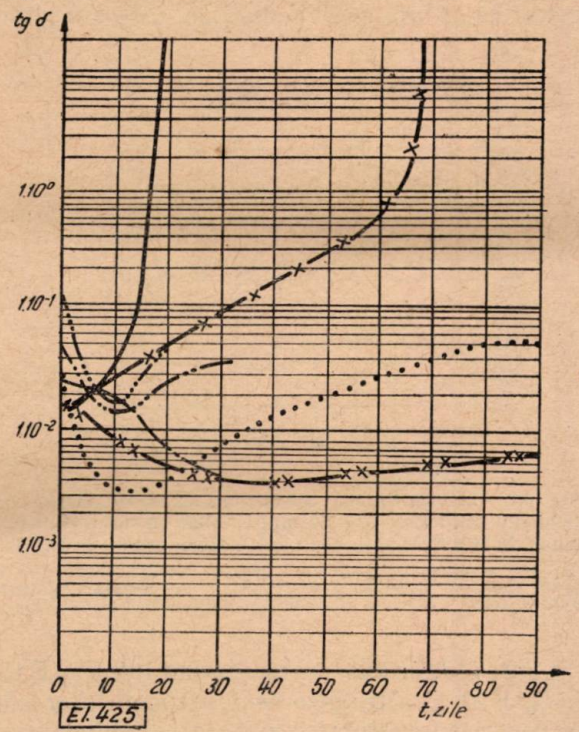


Fig. 5. Variația în timp a tangentei unghiului de pierderi la 1 000 Hz a bobinelor supuse îmbătrînirii la 120°C în ulei și freon 12:

——— conductor Ø 0,65 mm emailat cu lac tereftalic brun-deschis; —·— conductor Ø 0,50 mm emailat cu lac tereftalic brun-închis; —··— conductor Ø 0,65 mm emailat cu lac poliamidic; —···— conductor Ø 0,90 mm emailat cu lac poliuretanic; ····· conductor Ø 0,69 mm emailat cu lac viniflex; x—x—x—x conductor Ø 0,65 mm emailat cu lac tereftalic și impregnat cu lac alchidic modificat cu melamină; xx—xx—xx conductor Ø 0,65 mm emailat cu lac tereftalic și impregnat cu lac fenolformaldehidic.

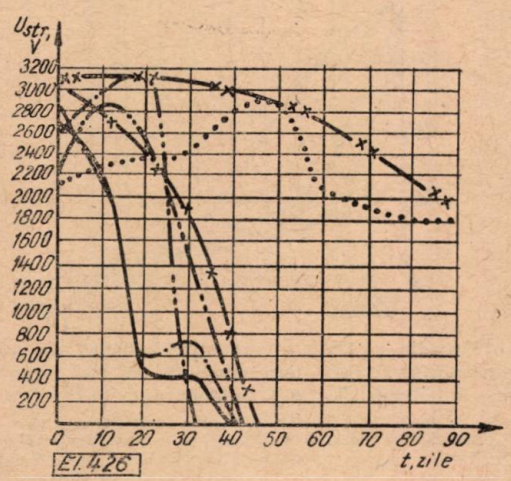


Fig. 6. Variația în timp a tensiunii de străpungere a bobinelor supuse îmbătrînirii la 120°C în ulei pentru freon și freon 12:

——— conductor Ø 0,65 mm emailat cu lac tereftalic brun-deschis; —·— conductor Ø 0,50 mm emailat cu lac tereftalic brun-închis; —··— conductor Ø 0,65 mm emailat cu lac poliamidic; —···— conductor Ø 0,90 mm emailat cu lac poliuretanic; ····· conductor Ø 0,69 mm emailat cu lac viniflex; x—x—x conductor Ø 0,65 mm emailat cu lac tereftalic și impregnat cu lac alchidic modificat cu melamină; xx—xx—xx conductor Ø 0,65 mm emailat cu lac tereftalic și impregnat cu lac fenolformaldehidic.

Rezultatele încercărilor efectuate în aceiași recipienți și cu aceeași metodă prin care s-au verificat celelalte sorturi de conductoare (fig. 4—7) se prezintă în figurile 9—12 și respectiv figurile 13—16.

Urmărind variația în timp a rezistenței de izolație la bobinele tratate cu ulei pentru freon

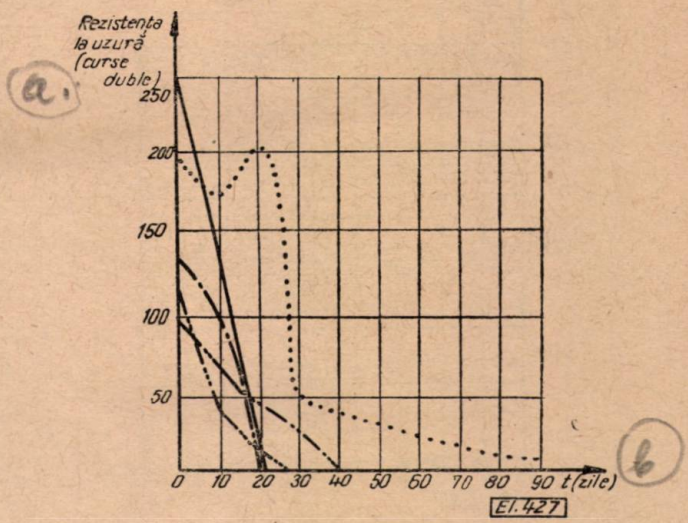


Fig. 7. Variația în timp a rezistenței la uzură prin frecare a conductoarelor din bobinele supuse îmbătrînirii la 120°C în ulei și freon 12:

——— conductor Ø 0,65 mm emailat cu lac tereftalic brun-deschis; —·— conductor Ø 0,50 mm emailat cu lac tereftalic brun-închis; —··— conductor Ø 0,65 mm emailat cu lac poliamidic; —···— conductor Ø 0,90 mm emailat cu lac poliuretanic; ····· conductor Ø 0,69 mm emailat cu lac polivinilformaldehidic.

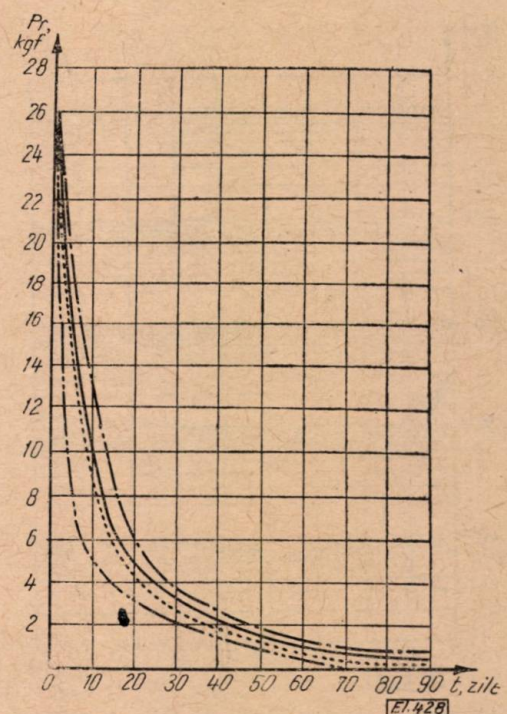


Fig. 8. Variația în timp a rezistenței la rupere a benzii de bumbac supuse îmbătrînirii accelerate la 120°C în freon 12 și ulei produs în R.P.R.:

——— cu freon 12 „Chimigaz" distilat; —·— cu freon 12 „Chimigaz" nedistilat; —··— cu freon 12 „Montecatini"; ····· cu freon 12 sovietic.

produs de Rafinăria 1, Ploiești și diverse sorturi de freon la temperatura de 120°C, se constată că scăderea cea mai pronunțată a rezistenței de

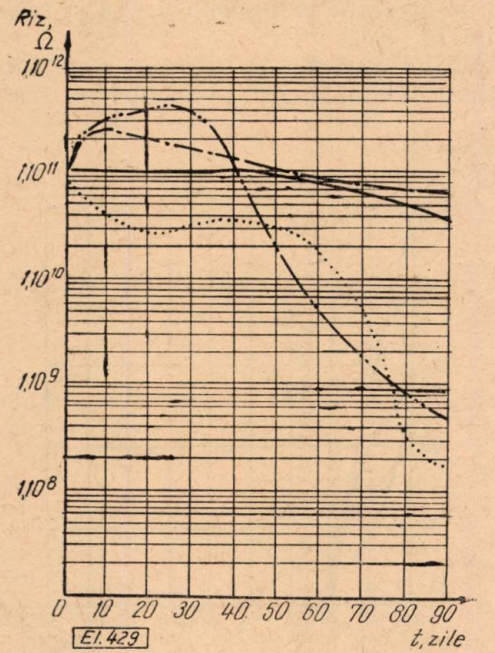


Fig. 9. Variația în timp a rezistenței de izolație la bobinele din conductor ∅ 0,60 mm emailat cu viniflex supuse îmbătrînirii accelerate în freon 12 și ulei pentru freon produs în R.P.R. :

——— cu freon 12 „Chimigaz" distilat (0,0003% apă);
– · – cu freon 12 „Chimigaz" nedistilat (0,0042% apă);
– · · – cu freon 12 sovietic (0,006% apă);
· · · · · cu freon 12 „Montecatini" (0,018% apă).

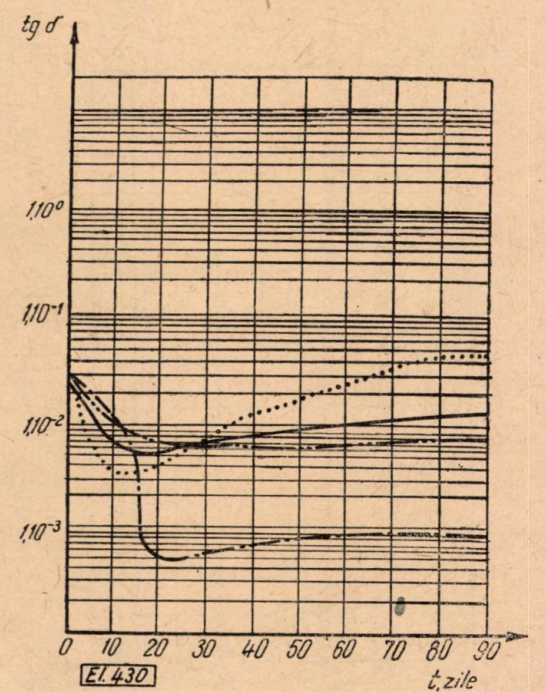


Fig. 10. Variația în timp a tangentei unghiului de pierderi la 1 000 Hz a bobinelor din conductoare emailate cu lac viniflex, îmbătrînite artificial în ulei pentru freon produs în R.P.R.:

——— cu freon 12 „Chimigaz" distilat (0,003% apă); – · – cu freon 12 „Chimigaz" nedistilat (0,0042% apă); – · · – cu freon 12 sovietic (0,006% apă); · · · · · · · cu freon 12 „Montecatini" (0,018% apă).

izolație se înregistrează la bobinele tratate cu freon italian și sovietic (fig. 9).

În ceea ce privește variația tangentei unghiului de pierderi (fig. 10) cele mai bune rezultate s-au obținut la bobinajele tratate cu freonul 12 „Chimigaz" nedistilat, care din punct

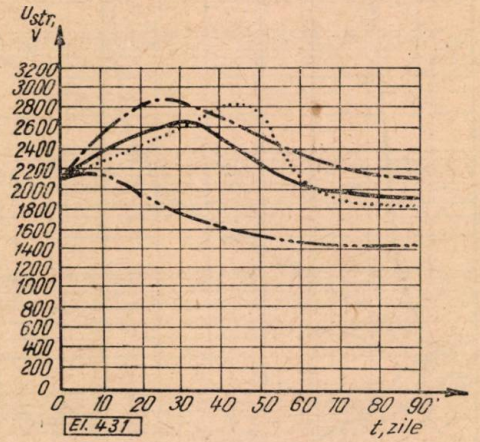


Fig. 11. Variația în timp a tensiunii de străpungere a bobinelor din conductor ∅ 0,69 mm emailat cu lac „Viniflex", îmbătrînite artificial în ulei pentru freon produs în R.P.R. :

——— cu freon 12 „Chimigaz" distilat (0,0003% apă); – · – cu freon 12 „Chimigaz" nedistilat (0,0042% apă); – · · – cu freon 12 sovietic (0,006 % apă); · · · · · · · cu freon 12 „Montecatini" (0,018% apă).

de vedere chimic este cel mai impur (80,5% F 12, 19,5% F 11 și alte gaze neidentificate), iar cele mai necorespunzătoare rezultate, la bobinele tratate cu freon 12 italian, care conține cel mai mare procent de apă (0,018% față de 0,0003% F 12

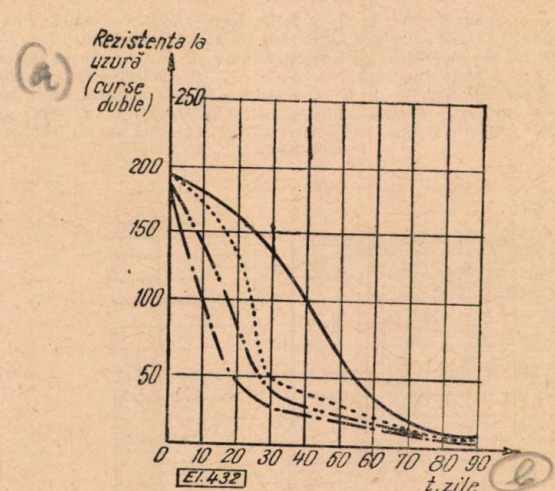


Fig. 12. Variația în timp a rezistenței la uzură prin frecare a conductoarelor ∅ 0,69 mm emailate cu lac „Viniflex", supuse îmbătrînirii la 120°C în ulei produs în R.P.R. :

——— cu freon 12 „Chimigaz" distilat (0,0003% apă); – · – cu freon 12 „Chimigaz" nedistilat (0,0042% apă); – · · – cu freon 12 sovietic (0,006% apă); · · · · · · · cu freon 12 „Montecatini" (0,018% apă).

„Chimigaz" distilat, 0,0042% F 12 „Chimigaz" nedistilat și 0,006% F 12 sovietic.

Valorile obținute pentru tensiunea de străpungere la bobinele tratate cu F 12 italian, „Chimigaz" distilat și „Chimigaz" nedistilat sînt foarte apropiate (fig. 11). O tensiune de

străpungere medie mai redusă cu circa 20—30% s-a constatat la bobinele tratate cu freon sovietic.

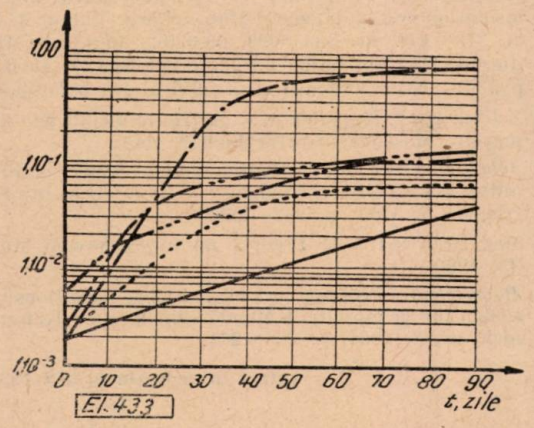


Fig. 13. Variația în timp a tangentei unghiului de pierderi la 50 Hz a uleiului pentru freon îmbătrînit artificial la 120° ± 1°C:

——— ulei pentru freon produs de Rafinăria 1 — Ploiești, cu freon 12 „Chimigaz" distilat (0,0003% apă); —·— ulei pentru freon produs de Rafinăria 1 — Ploiești cu freon 12 „Chimigaz" nedistilat (0,0042% apă); —··— ulei pentru freon produs de Rafinăria 1 — Ploiești cu freon 12 „Montecatini" (0,018% apă); —···— ulei pentru freon produs de Rafinăria 1 — Ploiești cu freon 12 sovietic (0,006% apă); ····· ulei pentru freon 12 sovietic tratat cu freon 12 sovietic.

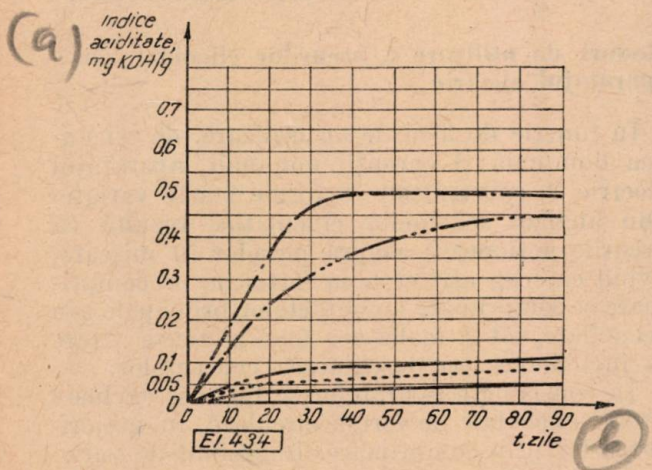


Fig. 14. Variația indicelui de aciditate a uleiului supus îmbătrînirii artificiale:

—·— ulei pentru freon produs de Rafinăria 1 — Ploiești, tratat cu freon 12 „Chimigaz" nedistilat; ——— ulei pentru freon produs de Rafinăria 1 — Ploiești, tratat cu freon 12 distilat „Chimigaz"; —···— ulei pentru freon produs de Rafinăria 1 — Ploiești, tratat cu freon 12 „Montecatini"; ····· ulei pentru freon produs de Rafinăria 1 — Ploiești, tratat cu freon 12 sovietic.

În privința rezistenței la uzură, prin frecare (fig. 12) cele mai bune rezultate s-au înregistrat la bobinele tratate cu freon 12 „Chimigaz" distilat, iar cele mai slabe, la bobinele tratate cu freon 12 sovietic.

Studiind modul de comportare al uleiului pentru freon produs de Rafinăria 1 Ploiești se constată că cele mai bune rezultate se obțin în cazul tratării cu freon 12 „Chimigaz" distilat (fig. 13—15), iar cele mai slabe s-au obținut în cazul tratării cu freon 12 „Chimigaz" nedistilat.

În fine cercetînd variația în timp a viscozității cinematice la 50°C a uleiului pentru freon produs de Rafinăria 1 Ploiești și a uleiului HF 12 produs în U.R.S.S. se constată că ambele sorturi tratate la 120°C cu freon 12 „Chimigaz" distilat manifestă o bună stabilitate. Creșterea

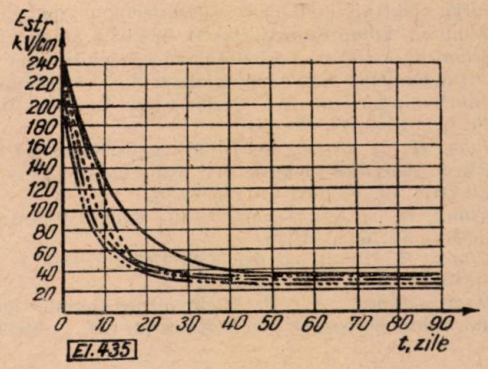


Fig. 15. Variația rigidității dielectrice a uleiului pentru freon supus îmbătrînirii artificiale:

——— ulei produs de Rafinăria 1 — Ploiești, tratat cu freon 12 „Chimigaz" distilat; —·— ulei produs de Rafinăria 1 — Ploiești, tratat cu freon 12 „Chimigaz" nedistilat; —···— ulei produs de Rafinăria 1 — Ploiești, tratat cu freon 12 „Montecatini"; ····· ulei produs de Rafinăria 1 — Ploiești tratat cu freon 12 sovietic; —···— ulei pentru freon sovietic cu freon 12 sovietic.

viscozității uleiului HF 12 sovietic după 60 zile de îmbătrînire accelerată este de 2 cSt, iar a uleiului HF 12 romînesc de 1,5 cSt.

Concluzii

1. Ca urmare a studiilor și experimentărilor efectuate în I.C.P.E. s-a definitivat schema de izolație pentru electromotoarele cu puteri sub 1 kW care funcționează în mediu de freon 12 și ulei la tensiuni sub 500 V. Bobinajele acestor motoare se pot realiza cu conductoare emailate cu lac polivinilformal în strat dublu. În același scop se pot utiliza și conductoare emailate cu lac tereftalic cu condiția ca după bobinare să se aplice o dublă impregnare în lac fenolformaldehidic conform tehnologiei specifice (impregnare sub vid combinată cu presiune).

2. Rezultatele obținute cu freon 12 distilat produs de stația pilot a Institutului chimigaz din Mediaș și uleiul de tip freon produs de Rafinăria nr. 1. Ploiești sînt corespunzătoare celor obținute cu freon 12 și ulei tip HF 12 din import. Freonul 12 distilat și uleiul pentru freon produs în țară se pot utiliza cu succes la umplerea agregatelor frigorifice capsulate.

Pe baza studiilor și experimentărilor efectuate în I.C.P.E. și a pregătirii materialelor executate de I.I.S. Electromotor—Timișoara, electromotoarele pentru agregate frigorifice capsulate vor fi introduse în fabricație în cursul anului 1965.

Bibliografie

[1] *Rolf, O.* Remont hermeticinîh holodilnîh agregatov. Moscova, Gosenergoizdat, 1960 (traducere din limba engleză).

[2] *Skilko, G.* Vstroenie elektrodvigateli freonovîh compresorov. In : Holodilnaia tehnika, nr. 2, mart-apr. 1959, p. 16—20.
[3] *Zelikovskii, I. H.* și *Iolkin, I. A.* Hermeticinîe holodilnîe maşinî. Moscova, Gostorghizdat, 1961.
[4] VNIIEM. Rukovodeaşcie tehniceskie materialî. Razrabotka elektrodvigatelei vo vstroivaemom ispolnenii dlea freonovîh kompresorov. O.A.B. 684.032. Moscova, 1960.
[5] *Schmied, K.* Das Verhalten von Lackdrähten gegen Lösungsmittel in Abhängigkeit von Lacktype und Fahrbedingungen. In : Technik der Lackisolation, nr. 20, oct. 1959, p. 49—53.
[6] *John, H.* și *Knoll, W.* Isolationsprobleme bei elektrischen Antriebe gekapselter Kältekompressoren. In : Elektrie, nr. 6, 1964, p. 178—183.
[7] *Plank, R.* și *Kuprianoff, J.* Die Kleinhältenmaschine. Berlin, Springer, 1960.
[8] *Plank, R.* Handbuch der Kältetechnik, vol. 1, Berlin, Springer, 1954.
[9] *Hvalikovskogo, A. B.* Elektroizoleaţionnîe materialî na osnove epoxidnîh smol. Moscova, C.E.I., 1959.
[10] *Steinle, R.* Lubrifiants pour machines frigorifiques au freon 22. In : Revue pratique du froid 11, nr. 27, dec. 1959, p. 27—28.
[11] *Needham, L.* și *Uplam, J.* Dynamoelectric machine insulation system (General Motors Corp. Patent U.S.A. cl. 310—179, nr. 303 8093, 05.02.62. In : Referativnîi Jurnal, Elektrotehnika i Energetika, nr. 12, 1963, 12, p. 33 P. Sistem izoleaţii elektrodvigatelea holodilnikov.
[12] *Zelikovskii, I. H.* și *Iolkin, I. A.* Hermeticinîe holodilnîe maşinî. Moscova, Gostorghizdat, 1961.
[13] *John, H.* Über das Verhalten von Presspan in Kältemittel F 12 Kältemaschinnenöl — Gemischen. In : Elektrie, nr. 7, 1961, p. 232—236.
[14] Mez Brno-N-15—41 Predpis na impregnovani statoru J3. 1960.
[15] *Bambach, G.* Prüfung von elektrischen Isolationsmaterialien für gekapselte Kältemaschinen. In : Kältetechnick, nr. 8, 1956, p. 268—271.

Intrat în redacţie la 5.X.1964.

Contribuţii la calculul şi dimensionarea arcurilor elicoidale în aparatajul electric de conectare

Radu Tomoiagă şi Ilie Lăzărescu* — Bucureşti

CZ 621.316.5.066.6: 621.8.034.4

Dezvoltarea industriei în ritm rapid, extinderea acţiunii de mecanizare şi automatizare a diferitelor procese de producţie impun ca aparatajul electric, folosit atît de larg în diferitele scheme de acţionare, să răspundă principalelor condiţii de funcţionare ca : acţionare fermă, funcţionare sigură şi durată lungă de viaţă.

Tendinţa actuală în construcţia aparatajului electric urmăreşte realizarea cît mai rapidă a unor produse cu durată mare de viaţă, la nivelul tehnicii contemporane.

Este necesar ca aceste produse să reziste în acelaşi timp la acţionări a căror frecvenţă creşte neîncetat, pe măsura dezvoltării automatizării şi intensificării proceselor de fabricaţie.

Folosirea aceloraşi materiale în condiţiile acestor solicitări determină îmbătrînirea şi scoaterea permanentă din uz a produselor respective.

Pentru elaborarea şi asimilarea lor în fabricaţie este necesară completarea calculelor de proiectare cu coeficienţi care să ţină seamă de noile condiţii de exploatare. Acest lucru se referă, în special, la piesele în mişcare, elemente supuse unor acceleraţii avînd, de cele mai multe ori, componente spaţiale şi schimbări de sens foarte frecvente.

Acest studiu urmăreşte să contribuie la eliminarea defecţiunilor aparatelor de conectare rezultate din ruperea sau deteriorarea arcurilor, subansambluri de importanţă vitală în construcţia şi funcţionarea aparatajului electric.

* Ing. *R. Tomoiagă* este şeful laboratorului electrotehnic de la întreprinderea „Electroaparataj", iar *I. Lăzărescu* este inginer principal la laboratorul electrotehnic — la aceeaşi întreprindere.

Moduri de utilizare a arcurilor elicoidale în aparatajul electric

În funcţie de locurile de utilizare, de tensiunea nominală şi curenţii nominali, aparatajul electric se construieşte în forme foarte variate. Din analiza schemelor cinematice rezultă că arcurile acţionează asupra pieselor în mişcare, avînd ca scop atît crearea forţei de precomprimare şi comprimare a contactelor principale sau secundare, cît şi realizarea unei anumite viteze la închiderea sau deschiderea contactelor.

În construcţia aparatelor se folosesc exclusiv arcuri elicoidale de formă circulară, în majoritatea lor prin comprimare. Indiferent de varietatea locurilor şi funcţionărilor care trebuie îndeplinite, modul de lucru al arcurilor se poate reduce la două cazuri, în funcţie de situaţia tensionării lor în poziţia de repaus : precomprimat şi destins. În orice caz, valoarea forţei finale se obţine după comprimarea lui cu săgeata X_r.

Calculul arcurilor se realizează totdeauna după ce în prealabil s-au stabilit condiţiile de funcţionare impuse de schema cinematică a aparatului.

Se consideră cazul general folosit exclusiv la contactoare, întreruptoare automate, întreruptoare pachet tip K etc., în care arcul trebuie să realizeze forţele de precomprimare F_p şi comprimare totală F_t, pentru săgeţi avînd valoarea X_0 şi X_r. Se cunosc ca elemente iniţiale de calcul spaţiul în care trebuie montat arcul caracterizat prin lungimea L_0 şi lăţimea $\mathcal{D}$, şi faptul că arcul comprimat la lungimea L_0 trebuie să realizeze forţa F_p, iar continuarea com-

primării cu săgeata $\delta_0 = X_r - X_0$ determină creşterea forţei la valoarea F_t conform figurii 1.

Acest mod de funcţionare este specific arcurilor care creează presiunea în contactele din

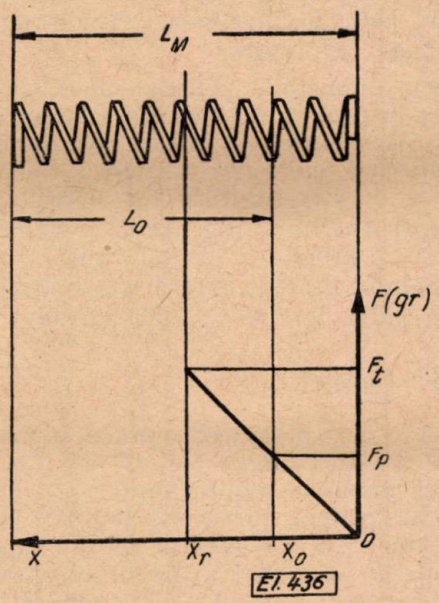


Fig. 1. Caracteristica $F_r = f(x)$ a resortului.

circuitele electrice ale aparatelor. Contactele mobile, în momentul atingerii cu contactele fixe, sînt supuse unei forţe de precomprimare

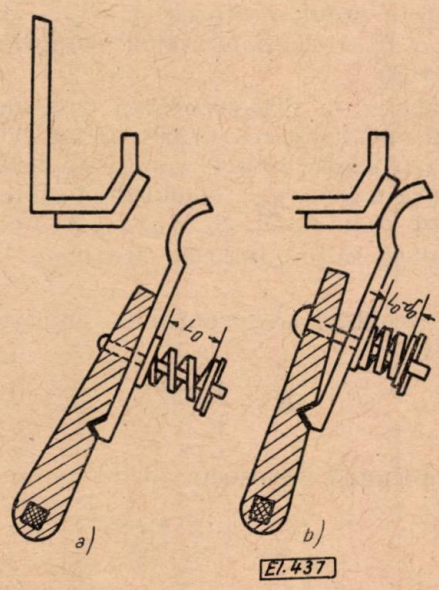


Fig. 2. Funcţionarea resoartelor principale la contactorii cu mişcare de rotaţie.

F_p realizate prin comprimarea arcului de la lungimea liberă L_M la lungimea L_0 a spaţiului în care este montat (fig. 2a şi 3).

Realizarea cursei în contact δ_0 comprimă arcul, determinînd creşterea forţei la valoarea F_t (fig. 2b şi fig. 4).

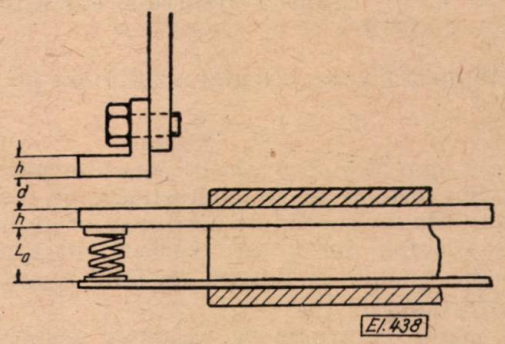


Fig. 3. Resortul contactului principal la contactorii cu mişcare de translaţie, în poziţia deschis.

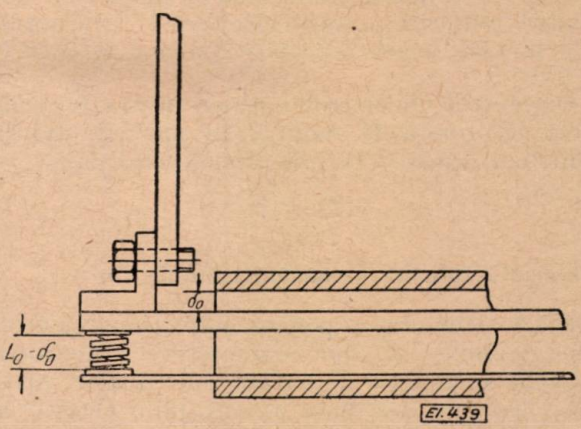


Fig. 4. Resortul contactului principal la contactorii cu mişcare de translaţie în poziţia închis.

Stabilirea elementelor necesare pentru calculul arcului

Din schema cinematică a aparatului, stabilită în funcţie de parametrii funcţionali (curentul nominal, capacitatea de rupere, viteza de deschidere a contactelor), se cunosc, după cum s-a văzut, F_p, F_t, δ_0, L_0 şi $\mathcal{D}$.

Din aceste mărimi este necesar să rezulte X_0, X_r, D şi L_M, pentru a putea executa calculul arcului căutat.

Dacă se notează prin K_r constanta arcului, se poate scrie :

$$F_p = K_r (L_M - L_0);$$

$$F_t = K_r (L_M - L_0 + \delta_0).$$

Se consideră raportul :

$$q = \frac{F_p}{F_t} = \frac{L_M - L_0}{L_M - L_0 + \delta_0} \qquad (1)$$

şi se introduc relaţiile rezultate din figura 1 :

$$X_0 = L_M - L_0 \text{ şi } \delta_0 = X_r - X_0;$$

se obţin relaţiile de calcul :

$X_0 = \delta_0 \frac{q}{1-q}$ (săgeata resortului precomprimat), (2)

$X_r = \delta_0 \frac{1}{1-q}$ (săgeata resortului comprimat), (3)

iar lungimea liberă a arcului rezultă din relația :

$$L_0 = L_M - X_0. \quad (4)$$

După cum se vede, valorile săgeților necesare realizării forțelor de precomprimare și comprimare totală nu depind de mărimea lor absolută, ci de raportul lor q care variază, în general, între 0,5 și 0,9, în funcție de felul aparatului și performanțele lui.

Se poate menționa că valoarea acestui raport la contactoarele în aer este necesar să se găsească în plaja 0,5—0,6, iar pentru contactoarele cu funcționare în ulei, în plaja 0,6—0,9. Pentru reducerea uzurii electrice la contactoarele în ulei, acest raport se va găsi între 0,75 și 0,9

Diametrul elicei trebuie ales în așa fel încît arcul să poată fi montat în spațiul stabilit pentru el, adică să fie îndeplinită condiția :

$$D < \mathcal{D}.$$

Materiale folosite și caracteristicile lor

Materialele folosite pentru confecționarea arcurilor trebuie să aibă caracteristici mecanice stabilite în funcție de natura solicitărilor. Arcurile elicoidale destinate aparatajului electric se execută din sîrmă cu secțiune circulară trasă la rece din oțel carbon de calitate STAS 893-54. Arcurile din această sîrmă fabricate la rece nu trebuie tratate termic. Această sîrmă, după rezistența de rupere la tracțiune, conform STAS 893-54, se clasifică în patru mărci : marca R_1 — sîrmă cu rezistența obișnuită ; marca R_2 — (fost RE) — sîrmă cu rezistența sporită ; marca R_3 (fost ON) — sîrmă cu rezistența mare ; marca R_4 (fost CP) — sîrmă cu rezistența înaltă.

În ceea ce privește compoziția chimică a oțelului, conținutul de sulf, de fosfor și de cupru nu trebuie să depășească următoarele limite arătate în tabela 1.

Tabela 1

Conținutul	Mărci de sîrmă	
	R_1 și R_2, %	R_3 și R_4, %
Sulf	0,045	0,02
Fosfor	0,045	0,03
Cupru	0,3	0,2

Tot în STAS 893-54 se prezintă caracteristicile mecanice și tehnologice în funcție de marcă și diametrul sîrmei :

— raza de încercare la îndoire alternată — R, mm ; — numărul minim de îndoiri alternate ; — numărul minim de răsuciri ; — rezistența de rupere la tracțiune — σ_r, kgf/mm².

Suprafața sîrmei poate fi arămită sau nu, cu aspect lucios sau mat, uniform pe toată lungimea, fără dungi longitudinale, crăpături, așchii, scobituri, pelicule, îngroșări, pete de rugină sau alte defecte exterioare.

Valorile admisibile pentru solicitările mecanice sînt în funcție de variația sarcinii în timp (numărul de cicluri), gradul de coroziune a mediului în care lucrează, caracterul solicitărilor (mărimea accelerațiilor) și temperatura.

a) Efortul unitar tangențial, τ. Valorile sînt indicate în tabela 2 în kgf/mm².

b) Modulul de elasticitate transversal, G. Se alege în plaja de 7 000—8 000 kgf/mm².

Calculul arcurilor

Se folosesc următoarele notații și unități de măsură : F—forța, kgf ; X—săgeata, mm ; L_M — lungimea liberă a arcului, mm ; L_m — lungimea arcului comprimat spiră pe spiră ; L — lungimea sîrmei din arc ; τ — efortul unitar tangențial, kgf/mm² ; D — diametrul mediu al elicei, mm ; d — diametrul sîrmei ; c — indicele arcului $\frac{D}{d}$; K_r — constanta arcului $\frac{F}{x}$; n — numărul de spire active ; n_1—numărul de spire inactive ; J — jocul dintre spire pentru comprimarea în săgeata X_r ; p — pasul arcului, mm ; α — unghiul elicei pe diametrul mediu ; G — modulul de elasticitate transversal, kgf/mm² ; K — coeficientul de corecție pentru efortul unitar de torsiune ; γ — greutatea specifică ; G_a — greutatea arcului ; V_a — volumul arcului comprimat spiră pe spiră.

Calcularea și dimensionarea arcurilor subînțelege determinarea următoarelor elemente : d, n, p, α, considerîndu-se cunoscute materialele folosite prin G și τ_{max}, condițiile de funcționare a arcului prin δ_0, $F_t, F_p, L_M, L_0, X_0, X_r$, și D.

Se alege inițial indicele arcului c în plaja 7—16.

Se calculează coeficientul de corecție K cu relația :

$$K = \frac{4c+2}{4c-3}. \quad (6)$$

Din formula cunoscută [11] :

$$\tau_{max} = K \frac{8\,FD}{\pi d^3} \quad (7)$$

se poate determina diametrul sîrmei :

$$d = \sqrt[3]{K \frac{8\,F_t D}{\pi \tau_{max}}}. \quad (8)$$

Valoarea obținută se rotunjește la mărimea standardizată cea mai apropiată (tabela 3).

Tabela 2

Grupa de solicitări	Caracterul solicitărilor	Oțel de arc STAS 893/54	Oțel de arc STAS 795/49
1	solicitări statice ; mai puțin de 3 cicluri de variații pe minut ale sarcinii practic sinusoidale	⩽80	⩽60
2	mai puțin de 6 cicluri de variații pe minut ale sarcinii, fără șocuri	⩽60	⩽36
3	mai mult de 6 cicluri de variații pe minut ale sarcinii fără șocuri	⩽35	–
4	mai mult de 6 cicluri de variații pe minut ale sarcinii, cu șocuri	⩽20	–

Deoarece forța F_t reprezintă valoarea maximă care solicită resortul, se va folosi pentru efortul unitar tangențial τ_{max} valoarea maxim admisă condițiilor specifice de lucru (tabela 2).

$n = f(d)$ pentru diferite valori ale lui d și se va alege soluția optimă.

Se ridică caracteristica resortului $F = f(X)$ și, dacă este necesar, și caracteristica $\tau = f(X)$.

$$F = K_r X = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot n \cdot D^3} X . \qquad (10)$$

Arcurile se pot executa cu una sau 1,5 spire inactive, în total avînd însă un număr întreg de spire.

Determinarea elementelor geometrice pentru cele două cazuri se efectuează cu relațiile din tabela 4.

În literatura de specialitate se găsesc indicații pentru calculul arcurilor de volum și greutatea minimă.

Calculul arcurilor concentrice

Dacă forța F_t are o valoare mare și impune un arc cu dimensiuni care nu se pot încadra în construcția generală a aparatului, se pot utiliza două arcuri concentrice. Avantajul acestei metode rezultă din faptul că forța totală (fig. 5)

Tabela 3

Diametrele sîrmelor de arcuri prevăzute în STAS 893 – 54, mm																														
0,2	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80	0,90	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2	2,2	2,5	2,8	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	7

Numărul de spire se calculează cu formulele :

$$\text{a)}\ n = \frac{G \cdot K \cdot d}{\pi D^2} \cdot \frac{X_r}{\tau_{max}} \quad \text{sau}$$

$$\text{b)}\ n = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D^3} \cdot \frac{X_r}{F_t} . \qquad (9)$$

Dacă numărul de spire obținut este fracționat se va rotunji pînă la cel mai apropiat număr întreg.

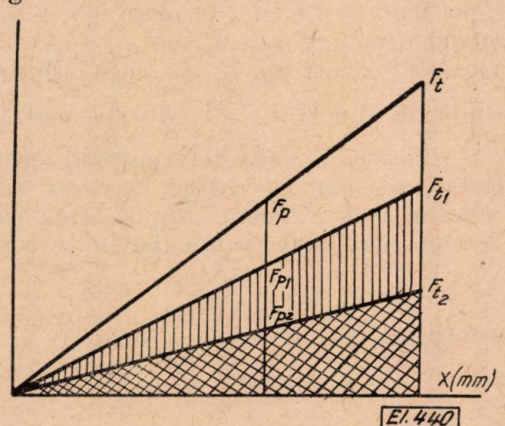


Fig. 5. Caracteristicile $F_r = f(x)$ ale resoartelor concentrice.

În cazul în care numărul de spire și diametrul rezultat nu pot fi acceptate din anumite considerente constructive, se va ridica curba este realizată de suma forțelor celor două resorturi F_{t1} și F_{t2}. Este cazul resorturilor contactelor principale de la întreruptoarele automate avînd curenții nominali mai mari, cum sînt DITA 350 A și DITA 1 000 A, AG 350 etc.

Tabela 4

n_1	1			1,5
L_m	$(n+1) \cdot d$			$(n+1,5)\,d$
J			$(0{,}1 \div 0{,}2)\,d \cdot n$	
L_M			$L_m + j + X_r$	
p	$\frac{L_M - d}{n}$			$\frac{L_M - 1{,}5\,d}{n}$
$\operatorname{tg}\alpha$		$\frac{p}{\pi \cdot D}$		
L	$n\sqrt{(\pi \cdot D)^2 + p^2} + 1{,}5 \cdot \pi \cdot D$		$n\sqrt{(\pi \cdot D^2 + p^2} + 2 \cdot \pi \cdot D$	
G_a	$\gamma\,(n + n_1)\,\pi \cdot D\,\frac{\pi \cdot d^2}{4}$			
V_a	$\frac{\pi}{4}(D+d)^2 \cdot [(n + n_1 - 0{,}5)\,d]$			

Se notează cu indicele 1 elementele aparținînd arcului exterior și cu 2, cele aparținînd arcului interior:

$$F_t = F_{t1} + F_{t2} = (K_{r1} + K_{r2}) X_r; \quad (11)$$

$$F_p = F_{p1} + F_{p2} = (K_{r1} + K_{r2}) X_0.$$

Diametrul arcului exterior rămîne egal cu D, valoare stabilită pentru cazul în care s-ar fi folosit unul singur:

$$D_1 = D. \quad (12)$$

Diametrul arcului interior se alege constructiv în raportul $\varepsilon = \frac{D_2}{D_1}$ în plaja 0,5 — 0,7.

Forțele F_{t1} și F_{t2} se stabilesc inițial în raport cu forța totală, coeficientul ν găsindu-se în plaja 0,5 ÷ 0,8.

$$F_{t1} = \nu F_t \text{ și } F_{t2} = (1 - \nu) F_t. \quad (13)$$

Elementele comune de calcul sînt: δ_0, L_M, L_0, X_0, X_r.

Se stabilește indicele C_1 și se impune condiția constructivă ca și arcul interior să aibă același indice ($C_1 = C_2$),

adică $$\frac{D_1}{d_1} = \frac{D_2}{d_2}. \quad (14)$$

În felul acesta este determinat și raportul diametrelor sîrmei din care sînt confecționate arcurile;

$$\varepsilon = \frac{d_2}{d_1} = \frac{D_2}{D_1}. \quad (15)$$

Avînd aceiași indici, vom avea și aceiași coeficienți de corecție a efortului tangențial:

$$K_1 = K_2. \quad (16)$$

Dacă se stabilește pentru arcul exterior mărimea efortului tangențial τ_{m1}, atunci pentru arcul interior se va avea:

$$\tau_{m2} = \tau_{m1} \frac{1 - \nu}{\nu} \cdot \frac{1}{\varepsilon^2}. \quad (17)$$

Diametrul sîrmei arcului exterior se determină cu formula (8) în care se introduc mărimile corespunzătoare:

$$d_1 = \sqrt[3]{K_1 \frac{8 F_t D_1}{\pi \cdot \tau_{max}} \nu}. \quad (18)$$

Diametrul sîrmei arcului exterior va rezulta din relația:

$$d_1 = \frac{d_2}{\varepsilon}. \quad (19)$$

Numărul de spire ale arcului exterior și interior se calculează cu relațiile:

$$n_1 = \frac{G \cdot d_1^4}{8 D_1^3} \cdot \frac{X_r}{F_t \nu} \text{ și } n_2 = n_1 \varepsilon \frac{\nu}{1 - \nu}. \quad (20)$$

Între constantele celor două arcuri trebuie să fie aceeași relație ca și între forțele lor:

$$K_{r2} = K_{r1} \frac{1 - \nu}{\nu},$$

$$F_{t2} = F_{t1} \frac{1 - \nu}{\nu}. \quad (21)$$

După definitivarea dimensiunilor principale prin alegerea diametrelor d_1 și d_2 standardizate se ridică caracteristicile $F_{t1} = K_{r1} X_r$ și $F_{t2} = K_{r2} X_r$, verificîndu-se rezultatul obținut cu caracteristica impusă prin F_t și F_p.

Modul de calcul prezentat permite să apară în resortul interior, în funcție de ε, ν și τ_{m1} aleși, un efort unitar tangențial τ_{m2}, a cărui valoare să fie mult mai mare decît τ_{m1}. Dacă valoarea τ_{m1} este aleasă la limita maximă admisibilă, este posibil ca în multe cazuri să se obțină în resortul interior valoarea care să producă deformații permanente.

Introducîndu-se în formula (17) valorile cele mai uzuale pentru ε și ν se obține valoarea raportului $\frac{\tau_{m2}}{\tau_{m2}} = \frac{1 - \nu}{\nu} \cdot \frac{1}{\varepsilon^2}$ în toate aceste cazuri (tabela 5).

Tabela 5

ε \ ν	0,5	0,6	0,7	0,8
0,5	4	2,65	1,72	1
0,6	2,78	1,73	1,19	0,695
0,7	2,04	1,35	0,875	0,51
0,8	1,56	1,03	0,67	0,39

Se observă că τ_{m2} este mai mic decît τ_{m1} numai pentru $\nu = 0,8$ cu ε în plaja 0,5 ÷ 0,8 și, de asemenea, pentru $\nu = 0,7$ cu $\varepsilon = 0,7 \div 0,8$.

În celelalte cazuri τ_{m1} se va alege sub limita admisibilă în raportul $\frac{\tau_{m2}}{\tau_{m1}}$ în așa fel încît τ_{m2} să se găsească în zona deformațiilor elastice.

Calculul arcurilor concentrice în cazul tensiunilor interne egale. Pentru simplificarea calculului se consideră cazul particular în care:

$$\tau_{m1} = \tau_{m2}.$$

Din formula (17) se poate scrie:

$$\frac{1 - \nu}{\nu} \cdot \frac{1}{\varepsilon^2} = 1. \quad (22)$$

Atunci se obține:

$$\text{a) } \nu = \frac{1}{1 + \varepsilon^2};$$

$$\text{b) } \varepsilon = \sqrt{\frac{1 - \nu}{\nu}}. \quad (23)$$

Dacă se stabilesc inițial diametrele arcurilor, prin alegerea coeficientului ε, atunci distribuția forțelor rezultă prin coeficientul ν calculat cu relația (23 a). Se prezintă valorile lor uzuale :

ε	0,5	0,6	0,7	0,8
ν	0,8	0,737	0,672	0,61

Dacă din motive constructive se impune o anumită distribuție a forțelor pe cele două resorturi este obligatoriu un anumit raport între diametre (23 b) :

ν	0,6	0,7	0,8
ε	0,815	0,652	0,5

Numărul de spire din arcul interior va fi :

$$n_2 = \frac{n_1}{\varepsilon}. \qquad (24)$$

Elementele constructive necesare tehnologiei de fabricație

Jocul între spire. Sîrmele din care se execută arcurile prezintă chiar din fabricație abateri de la dimensiunile nominale astfel încît înfășurarea nu se poate realiza cu pasul teoretic constant. Din această cauză trebuie să se prevadă un joc suficient între spire pentru ca în cazul cînd arcul lucrează la sarcina maximă de lucru să nu se producă izbiri între spire.

Înfășurarea. Mașinile moderne permit ca înfășurarea arcurilor elicoidale să se poată face pentru orice pas ce rezultă din calcule, atît pe dreapta, cît și pe stînga.

Indicele arcului, $C = \frac{D}{d}$. Se recomandă ca valorile indicelui să se ia din plaja 7—16.

Teoretic, indicele arcului poate fi oricît de mic sau oricît de mare. Practic, nu se vor folosi valori mai mici decît 4 și mai mari decît 20. În cazul valorilor prea mici există pericolul de a se produce frecvent crăpături care pot face arcul nefolosibil, iar în cazul valorilor prea mari intervine necesitatea unui spațiu mare ce nu se poate realiza decît rareori.

Înălțimea arcului. Înălțimea liberă a arcului de tracțiune poate fi oricît de mare. În cazul arcurilor de compresiune apare fenomenul de flambaj, care face ca înălțimea liberă a arcului să fie limitată. Pentru a evita fenomenul de flambaj la arcurile a căror înălțime liberă trebuie să fie mare, se va realiza arcul din tronsoane mai mici înfășurate alternativ pe dreapta și pe stînga.

Pentru a se realiza o bună așezare se vor monta rondele între tronsoane. În acest caz arcul va lucra ca un arc multiplu în serie.

La proiectarea arcului multiplu în serie se va ține seamă de rondelele interpuse și spirele moarte ale arcurilor componente ce dau pentru aceeași săgeată o înălțime mai mare decît a arcului simplu.

La execuția arcului trebuie să se asigure un reazem bun și sigur.

Spirele de la capete sînt alăturate spirelor vecine și rectificate plan. Pentru a se realiza o suprafață perpendiculară pe axul arcului, spirele de la capete nu iau parte la funcționarea arcului, din care cauză se numesc spire moarte sau inactive.

Numărul spirelor inactive (moarte). Practic, numărul de spire inactive este 1 1/2 spire, adică cîte 3/4 spire la fiecare capăt al arcului. Pentru a se obține un reazem bun al arcului, se recomandă, ca spirele inactive să fie decalate cu 90 sau 180°, lucru posibil cînd numărul de spire este fracționar, adică $n + \frac{1}{2}$ spire active.

Arcuri multiple. Uneori în practică se întîmplă ca arcul calculat să nu încapă în gabaritul impus de aparat. În această situație se va înlocui arcul calculat prin mai multe arcuri de dimensiuni mai mici, care să aibă aceleași caracteristici funcționale ca și arcul simplu. Prin această înlocuire se obține un arc multiplu.

În general, arcul multiplu se compune din două arcuri simple concentrice a căror înfășurare este făcută, la unul pe dreapta, iar la celălalt pe stînga. Între arcuri trebuie să se prevadă un joc radial de circa 3 mm.

Supratensionarea arcurilor elicoidale. Supratensionarea constă în încărcarea arcului peste limita de elasticitate, pînă în domeniul plastic, astfel materialul suferă deformații permanente.

Pentru executarea supratensionării, arcul se proiectează cu un pas mai mare decît cel rezultat din calcul, așa încît atunci cînd se comprimă spiră pe spiră, eforturile unitare să ajungă în domeniul limitei de curgere.

Se menține arcul comprimat spiră pe spiră circa 24 h, după care este descărcat. După această supratensionare înălțimea liberă a arcului este mai mică și are valoarea rezultată din calcul.

Supratensionarea constituie un mijloc de control pentru arcuri, permițînd o selecționare a lor, și anume, arcurile care capătă deformații permanente mai mari decît cele prevăzute sau cele la care apar defecte de material sînt eliminate.

Îmbunătățirea calității arcurilor elicoidale. Una dintre îmbunătățirile calității arcurilor elicoidale este aplicarea unei detensionări pentru a deplasa limita de elasticitate.

Detensionarea constă în fierberea arcurilor într-o baie de ulei la 280 —300°C timp de 15 — 20 min.

Recepția sîrmei. Recepția sîrmei se va face după prescripțiile STAS 893-54 referitoare la sîrmă trasă din oțel carbon pentru arcuri.

Recepția sîrmei este făcută de către organul de control și recepția din uzina producătoare, iar la cererea beneficiarului, în prezența delegatului acestuia.

Recepția se execută pe loturi de maximum 1 000 kg de sîrmă de aceeași calitate și de același diametru, fabricată din aceeași șarjă de oțel.

Specificarea verificărilor și încercărilor. Verificarea aspectului se face cu ochiul liber sau cu o lupă obișnuită; verificarea dimensiunilor — se face prin măsurarea diametrului cel puțin la ambele capete ale arcului cu un micrometru cu o precizie de 0,01 mm; încercarea la tracțiune — se face conform STAS 200-52, cu o mașină de tracțiune de putere corespunzătoare, pe epruvete de minimum 150 mm lungime; încercarea la îndoire alternată se face conform STAS 1177-59. Pentru sîrmele cu diametrul sub 0,8 mm, încercarea de îndoire alternată se înlocuiește cu încercarea la tracțiune a sîrmei cu nod. Rezistența la rupere trebuie să fie cel puțin jumătate din rezistența la rupere a aceleiași sîrme la încercarea la tracțiune, fără nod; încercarea la răsucire se face conform STAS 1750-50. Epruveta va avea, în general, lungimea 100 d. Distanța dintre fălci va fi însă minimum de 50 mm și maximum de 300 mm. Rezultatul se va considera bun dacă epruveta va rezista, fără să se rupă, la numărul de răsuciri prevăzut în tabelă; încercarea de înfășurare se execută numai la cererea beneficiarului. Încercarea se face numai pentru sîrme cu diametre cuprinse între 2 și 6 mm inclusiv și constă în înfășurarea la rece a cinci spire alăturate pe un cilindru egal cu diametrul sîrmei. Epruveta nu trebuie să se rupă sau să prezinte crăpături, deschideri sau stratificări.

Exemplu de calcul

Să se dimensioneze arcul contactului principal al unui contactor cu mișcare de translație. În funcție de parametrii aparatului rezultă următoarele elemente de calcul:

— forța de precomprimare pentru un resort $F_p = 0{,}500$ kgf;

— forța de comprimare pentru resort $F_t = 0{,}920$ kgf;

— lungimea în poziția precomprimată $L_0 = 27$ mm;

— cursa în contacte $\delta_0 = 4$ mm;

— dimensiunea locului în care se montează resortul $\mathcal{D} = 14$ mm.

Rezolvare

Se folosesc relațiile (1), (2), (3), (6), (8), (9), (10):

$$q = \frac{F_p}{F_t} = \frac{0{,}500}{0{,}920} = 0{,}542;$$

— săgeata resortului precomprimat $X_0 = \delta_0 \frac{q}{1-q} = 4 \frac{0{,}542}{1-0{,}542} = 4{,}64$ mm;

— săgeata resortului comprimat $X_r = \delta_0 \frac{1}{1-q} = \frac{4}{1-0{,}542} = 8{,}75$ mm;

— lungimea liberă a resortului $L_M = L_0 + X_0 = 27 + 4{,}64 = 31{,}64$ mm;

— se alege indicele arcului $c = \frac{D}{d} = 10$.

Coeficientul de corecție pentru efortul unitar de torsiune:

$$K = \frac{4c+2}{4c-3} = \frac{4 \cdot 10 + 2}{4 \cdot 10 - 3} = 1{,}13.$$

Din tabela 2 alegem $\tau_{max} = 15$ kgf/mm², deoarece funcționarea contactoarelor creează în resorturi variații nesinusoidale ale solicitărilor.

Diametrul sîrmei:

$$d = \sqrt[3]{K \frac{8 \cdot F_t \cdot D}{\pi \cdot \tau_{max}}} = \sqrt[3]{K \frac{8 \cdot F_t \cdot C \cdot d}{\pi \cdot \tau_{max}}} =$$

$$= \sqrt{K \frac{8 \cdot F_t \cdot C}{\pi \cdot \tau_{max}}} = \sqrt{\frac{1{,}13 \cdot 8 \cdot 0{,}92 \cdot 10}{\pi \cdot 15}} = 1{,}33 \text{ mm}.$$

Se alege din valorile standardizate d = 1,3 mm și rezultă diametrul elicei:

$$D = c.d. = 13 \text{ mm}.$$

Condiția $D < \mathcal{D}$ se respectă, arcul încadrîndu-se în spațiul destinat, deoarece s-a impus $\mathcal{D} = 14$ mm.

Numărul de spire al resortului:

$$n = \frac{G.K.d.X_r}{\pi.D^2.\tau_{max}} = \frac{8000.1{,}13.1{,}3.8{,}75}{13^2.15} \simeq 13.$$

Constanta resortului $K_r = \frac{G.d^4}{8.n.D^3} = \frac{8000.1{,}3^4}{8.13.13^3} = 0{,}1$ kgf/mm.

Caracteristica resortului $F = 0{,}1.X$ permite să se determine eroarea de calcul în raport cu valorile impuse.

La $X_0 = 4{,}64$ mm rezultă $F_p' = 0{,}464$ kgf, impus $F_p = 0{,}500$, eroare $-7{,}2\%$.

La $X_r = 8{,}75$ mm rezultă $F_t' = 0{,}875$ kgf, impus $F_t = 0{,}920$ kgf, eroare $-4{,}88\%$.

Aceste erori rezultă din faptul că nu s-a putut adapta diametrul sîrmei rezultat din calcul (1,33 mm), ci valoarea standardizată cea mai apropiată (1,3 mm).

Determinarea elementelor geometrice în cazurile în care arcurile sînt executate cu 1,5 sau 2 spire inactive se arată în tabela 6.

Tabela 6

n_1	Lm	j	L_M	p	tg α	L
spire	mm	mm	mm	mm	–	mm
1	18,2	5,08	32,78	2,42	0,059	593
1,5	18,8			2,37	0,058	614

Bibliografie

[1] *Reynal, C.* Les ressorts. Paris, Dunod, 1955.
[2] *Ligier, A.* Les ressorts. Théorie et pratique. Paris, 1953.
[3] *Zukowski, S.* Arcuri. Bucureşti, I.D.T., 1956.
[4] *Zamohotki, T.* Tehnologia tratamentelor termice. Bucureşti, I.D.T., dosar 15216.
[5] *Damerw, E.* Bazele încercării practice a arcurilor. Bucureşti, I.D.T., dosar 31823/1.
[6] *Boiangiu, D. D.* Arcuri. Bucureşti, Editura tehnică, 1958.
[7] Construcţia de maşini, vol. 2. Bucureşti, I.D.T., dosar 23273.
[8] In: Draht, nr. 8–12, 1957; nr. 2–3, 1956; nr. 12, 1955.
[9] Bazele încercării practice a arcurilor. In: Essen, 1953.
[10] In: Mechanik, XXVII, nr. 7, 1954.
[11] In: Metalurgia şi Construcţia de Maşini, nr. 11, 1960.

Intrat în redacţie la 10.IV.1964

RECENZII

CZ 621.3:621.312

Revue roumaine des sciences techniques. Série Électrotechnique et énergétique, nr. 2, Edit. Acad. R.P.R.

În revista romînă de ştiinţe tehnice, seria electrotehnică şi energetică, nr. 2 din anul 1964, editată de Academia Republicii Populare Romîne s-au publicat numeroase lucrări interesante din aceste domenii.

Astfel, din domeniile electrotehnică, electroenergetică şi energetică au apărut următoarele articole:

— Approximations des phénomènes de refoulement net du courant électrique alternatif dans les conducteurs prismatiques, de acad. R. Răduleţ şi C. Mocanu;

— Les solutions des équivalents REI du réseau entier — l'équivalent à charge unique, de P. Dima:

— Contributions à la systématisation des indices de consommations spécifiques d'énergie, de V. Caracudovici, J. Gayrand, N. Moldoveanu şi G. Nagy;

— New characteristic data of some roumanian bituminous coals. I. Gravimetric separations (Utilizarea energetică a combustibililor), de I. Nestor.

Din domeniul termoenergeticii şi termotehnicii, revista a cuprins: o lucrare despre caracteristicile arderii în focarele tunel cu stabilizatoare elicoidale, de N. Antonescu; un studiu al utilizării tehnicii pentru comprimarea gazului natural în pipe-line, de V. Pimsner şi I. Cserveny etc.

L. Grozea

CZ 621.311.25:538.313:533.9

Producerea energiei electrice pe cale magnetoplasmodinamică (La production d'énergie électrique par voie magnétohydrodynamique). In: Bulletin de la société française des électriciens, seria a 8-a, vol. V, nr. 49, ian 1964, p. 1–72, 50 fig., 73 ref. bibl.

În zilele de 21 mai şi 26 iunie 1963 au avut loc la Societatea franceză a electricienilor comunicări şi discuţii asupra producerii energiei electrice pe cale magnetoplasmodinamică (MPD *). Centralele termice şi-au sporit în ultimii 20 de ani randamentul de la 32 la 40%, însă nu se întrevede depăşirea unui randament de 46%. Această goană după un randament ridicat a dus la căutarea de noi procedee de producere a energiei. La ordinea zilei se află magnetoplasmodinamica, al cărui domeniu este interacţiunea între fluidele conductoare ale electricităţii şi cîmpurile magnetice. Comunicările făcute rezumă punctul de vedere al mai multor centre de cercetare franceze în acest domeniu, în momentul cînd adunarea ideilor şi a teoriilor este pe punctul de a se încheia, rămînînd să fie rezolvată partea cea mai grea, trecerea la înfăptuire, nu numai în laborator, ci şi în industrie.

Prima comunicare, „Mediul ionizat în conversiunea magnetoplasmodinamică", a fost făcută de P. Ricateau de la Comisariatul energiei atomice şi tratează despre cele două căi de ionizare a unui gaz; la echilibru termodinamic, prin încălzirea gazului, şi în afara echilibrului termodinamic, prin efectul unei acţiuni exterioare, ca de exemplu, un cîmp electric. Pornind de la aplicarea legii acţiunii maselor la echilibrul de ionizare, stabilită pentru prima dată de SAHA, autorul studiază mişcarea electronilor într-un cîmp electric, stabilind legea de variaţie a rezistivităţii gazului ionizat, în funcţie de potenţialul de ionizare a unui element uşor ionizabil inclus în acesta. Din formule rezultă necesitatea fertilizării gazelor din generatoarele MPD cu un element alcalin cu potenţial de ionizare mic, ca cesiul sau potasiul, apt a coborî în mod spectaculos rezistivitatea unui gaz. Pentru determinarea rezistivităţii este necesară şi examinarea valorii secţiunilor eficace cu care conductibilitatea este invers proporţională. În concluzie, autorul precizează că în cazul gazelor provenite din combustiune (folosite în generatoarele cu ciclu deschis), aditivul sau fertilizatorul necesar ionizării trebuie să fie un alcalin ieftin (potasiul întrebuinţat în proporţie atomică de 0,5–2%), coborîndu-se astfel temperatura „zonei de tranziţie" (în care rezistivitatea dependentă de natura gazului şi cea dependentă numai de temperatura lui sînt egale) de la circa 9000°K (pentru hidrogen) la circa 3500° K. În cazul gazelor folosite în generatoarele MPD cu ciclul închis (heliu, argon, neon), fertilizarea se face cu cesiu. Cea mai bună conductivitate o are argonul însămînţat cu cesiu (în proporţii foarte mici), cu temperatura zonei de tranziţie în jur de 2500° K.

În a doua comunicare, „Procesul de conversiune magnetoplasmodinamică", J. Fabre reaminteşte principiul de conversiune MPD: cînd un gaz ionizat defilează printr-un cîmp magnetic, ionii pozitivi urmează mişcarea generală a fluidului, în timp ce electronii, din cauza masei lor neînsemnate şi a secţiunii eficace mici, se supun legii lui Laplace, suferind o deplasare analogă cu cea a electronilor dintr-un conductor. Autorul studiază apoi legea lui Ohm în mediile gazoase slab ionizate, arătînd că deviaţia dintre curentul E şi cîmpul electric J, introdusă de

*) S-a adoptat din limba italiană acest termen care ni s-a părut mai adecvat decît cel folosit în Franţa (magnetohidrodinamică – MHD).

efectul Hall, este proporţională cu inducţia magnetică B şi invers proporţională cu presiunea p, avînd o valoare importanţă, atîta timp cît p nu depăşeşte cîteva atmosfere.

După modul cum se culege curentul, se pot defini trei tipuri de generatoare de curent continuu : cu cîmp electric transversal, cu cîmp electric longitudinal şi cu curent transversal. Autorul prezintă schema fiecăruia dintre aceste generatoare. Comportarea lor este diferită, în special în raport cu presiunea ; la presiunile joase (presiunea normală) este mult mai eficientă culegerea componentei de efect Hall decît a componentei directe.

Se dă apoi principiul de funcţionare a generatoarelor MPD cu inducţie (generatorul asincron şi generatorul cu plasmă pulsată), care au putere şi randament acceptabil, însă factor de putere mic. Toate generatoarele MPD au o densitate de putere utilă volumică bună, aceasta fiind direct proporţională cu σ $(BV)^2$, unde σ este conductivitatea, B, inducţia magnetică, iar V, viteza fluidului conductor.

In a treia comunicare, „Cîmpul magnetic în generatoarele magnetoplasmodinamice", G. Klein demonstrează că în asemenea generatoare determinarea cîmpului magnetic rezultă în deosebi din : geometria generatorului (canalul de scurgere a plasmei), densitatea de putere electrică prescrisă şi considerarea bilanţului energetic şi economic al instalaţiei. În mod clasic, canalele se iau de secţiune dreptunghiulară, dar există şi alte soluţii. Densitatea de putere electrică trebuie aleasă în raport de tipul generatorului şi de presiunea utilizată. Autorul dă unele grafice edificatoare.

Circuitele magnetice sînt de trei tipuri diferite : cu aer (fără fier), cu fier nesaturate şi cu fier mai mult sau mai puţin saturate. Primele par preferabile pentru inducţiile foarte mari (B superior de 5 Ts), iar cele cu fier pentru inducţiile inferioare la 1,5 Ts.

Examinînd dimensionarea circuitelor, autorul precizează că generatoarele MPD sînt apte pentru furnizarea unor puteri ridicate, în timp ce la micile generatoare puterea necesară alimentării magnetului poate fi net superioară celei furnizate de generator. Se preconizează ca pentru alegerea cîmpului magnetic optim să se traseze, pentru fiecare dimensiune de electromagnet, curbele $\frac{W_a}{W_e} = \frac{\text{putere de alimentare}}{\text{putere electrică furnizată}}$ şi $(W_e - W_a)$, ambele în funcţie de inducţia B.

Trecînd în revistă problemele privitoare la înfăşurări, autorul examinează consumul de energie datorit rezistivităţii conductorilor, precum şi modul de răcire. Pentru valorile mari ale lui B, răcirea cu apă duce la puteri de alimentare prohibitive şi necesită micşorarea rezistivităţii în scopul reducerii puterii consumate. Pentru aceasta s-a recurs la bobinaje criogenice (răcite cu gaze lichefiate), însă soluţia viitorului pare a fi acea a înfăşurărilor supraconductoare : descoperirea unor aliaje ca cel de Nb-Zr care îşi păstrează proprietăţile supraconductoare la 4,2°K pînă la inducţii de peste 50 000 Gs a creat speranţa realizării unor cîmpuri magnetice intense, în volume mari şi cu un consum nul.

„Izvoarele de căldură pentru temperaturi înalte în generatoarele MPD cu ciclu deschis" au fost examinate de F. de Bone, care a arătat că în condiţiile normale se pot atinge cu combustibili clasici temperaturi numai de ordinul a 2300° K, din cauza fenomenelor de disociere, care devin importante începînd de la 2000° K. Se poate spera totuşi să se atingă temperaturi de ordinul a 2700°K, prin preîncălzirea aerului, şi chiar mai mult, prin supraoxigenarea aerului şi preîncălzire.

A. Dubois a vorbit despre „Materialele pentru temperaturi înalte în generatoarele MPD cu ciclu deschis", referindu-se la : izolanţi, electrozi şi încălzitoare. Examinînd principalii izolanţi din punctul de vedere al temperaturii de utilizare, al rezistenţei la eroziune şi la coroziune şi al caracteristicilor mecanice, autorul arată că materialele cele mai întrebuinţate actualmente, pentru construirea pereţilor unui generator deschis, sînt alumina şi zirconiul, fiecare corespunzînd unor anumite talii de generator ; se indică, de asemenea, măsurile tehnice constructive de folosire a acestor materiale, pentru a prelungi la maximum durata lor de viaţă, care din anii 1958—1959 pînă în 1963 a trecut de la 0,01 h la 100 h.

Dintre materialele pentru electrozi, autorul se opreşte asupra cîtorva boruri cu bună emisivitate, arătînd şi măsurile care se pot lua pentru compensarea eroziunii, în cazul electrozilor deosebit de oxidabili sau care dau diverşi compuşi fuzibili. Încălzitorii şi cowperele se pot realiza din metale sau materiale bazice dintre care o parte sînt deja întrebuinţate în domeniile industriale existente.

„Generatorul MPD cu ciclu închis" a fost descris în mod sumar de P. Ricateau. Autorul precizează că acest tip de generator în care fluidul termodinamic este complet izolat de sursa de căldură şi de atmosferă se află încă în faza de explorare. El prezintă însă, faţă de ciclul deschis, avantaje care pot fi apreciate ca esenţiale din punct de vedere industrial, ca de exemplu, posibilitatea de a putea funcţiona la temperaturi mai reduse prezentînd deci probleme de materiale mai puţin acute. În tabele comparative se prezintă caracteristicile cîtorva gaze susceptibile a fi folosite, şi temperaturile rezultate din calcul la care ar putea funcţiona generatoarele cu argon-cesiu şi heliu-cesiu, în funcţie de diferite valori ale cîmpului magnetic.

În comunicarea „Cercetarea experimentală în magnetoplasmodinamică", J. Poncelet trece în revistă măsurările fizice de bază ce s-au executat şi, în special, cele privitoare la conductivitatea gazelor fertilizate cu alcaline, după care prezintă un tablou al cercetărilor în acest domeniu, efectuate în Franţa, începînd din anul 1961, precum şi un tabel comparativ cu caracteristicile aparatelor experimentate în ţările occidentale.

„Structura unei centrale cu generator MPD" a fost prezentată de Jean Pericart. După ce a definit principalii parametri ce caracterizează funcţionarea termică a unui generator MPD cu ciclu închis şi deschis, el a arătat că randamentul unui asemenea generator, funcţionînd singur, ar fi destul de scăzut, din cauza neutilizării unei mari cantităţi de energie calorică ce s-ar pierde prin intermediul gazelor ieşite din generator, la temperaturi de circa 2000°K. Folosind însă această energie pentru punerea în funcţiune a unei centrale termice (turbină cu abur-alternator), randamentul global al ansamblului poate depăşi 50%. Autorul prezintă, în această idee, un anteproiect pentru un ansamblu de 750 MW, cu generator MPD cu ciclu deschis şi centrală termică.

A. Bădescu

G. N. Petrov. Maşini electrice, partea a II-a. (Maşina asincronă şi sincronă). Moscova-Leningrad, Editura energetică de stat, 1963.

În Editura energetică de stat a U.R.S.S. a apărut la sfîrşitul anului 1963 cartea profesorului G. N. Petrov, şeful Catedrei de maşini electrice a Institutului energetic din Moscova, „Maşini electrice", partea a II-a consacrată teoriei generale a maşinilor de curent alternativ şi a teoriei maşinilor asincrone şi sincrone .Partea I a acestei lucrări a apărut în aceeaşi editură în anul 1956, unde s-au tratat problemele generale ale maşinilor electrice şi teoria transformatoarelor

Ca şi prima parte, lucrarea recenzată este destinată studenţilor, specialiştilor în maşini electrice din institutele de învăţămînt superior şi constituie o prelucrare fundamentală a ediţiei din 1940, care a fost elaborată de colectivul Catedrei de maşini electrice a Institutului energetic, sub îndrumarea profesorului G. N. Petrov.

Cartea este subdivizată în trei capitole şi conţine 416 pagini ; primul capitol este consacrat teoriei generale a maşinilor de curent alternativ ; capitolul al II-lea este consacrat maşinii asincrone şi capitolul al III-lea, maşinii sincrone.

În primul capitol (pag. 9—69), după ce se precizează problemele care vor fi analizate, se expun : teoria înfăşu-

rărilor de curent alternativ; expresia tensiunii electromotoare indusă în înfăşurarea unei maşini de curent alternativ de un flux variabil sinusoidal în timp şi de variaţie periodică; tensiunile magnetomotoare ale înfăşurărilor de curent alternativ; tipuri constructive fundamentale de înfăşurări; inductivităţi proprii şi mutuale ale înfăşurărilor; fluxuri de scăpări; cîmpul magnetic în maşină şi calculul acestuia; pierderile şi randamentul maşinii, cuplul electromagnetic; ecuaţia curentului maşinilor de curent alternativ.

Capitolul al II-lea (pag. 69—242), cuprinde probleme generale ale maşinii asincrone (destinaţia, domeniul de aplicare, maşinile nominale); ecuaţiile de funcţionare pentru regimul permanent (ecuaţia tensiunilor, expresia cuplului electromagnetic); schemele electrice echivalente; diagrama cercului; pornirea şi reglajul vitezei; influenţa armonicilor spaţiale superioare asupra funcţionării maşini; regimuri speciale de funcţionare; maşina asincronă monofazată; maşini asincrone folosite în schemele de comandă automată; regimuri tranzitorii, pierderi în maşină; încălzirea şi răcirea acesteia; încercările maşinii asincrone; calculul maşinii asincrone; tipuri constructive; stadiul actual al teoriei maşinii asincrone.

În capitolul al III-lea (pag. 242—413) sînt expuse problemele generale ale maşinii sincrone: ecuaţiile regimului permanent de funcţionare (generator, motor, compensator); funcţionarea în regimuri nesimetrice permanente; regimurile tranzitorii; oscilaţiile şi stabilitatea dinamică; încercările şi calculul; maşini sincrone speciale.

Din prezentarea problemelor tratate se poate trage următoarea concluzie: conţinutul lucrării îl constituie teoria regimului permanent de funcţionare a maşinilor asincrone şi sincrone. Ca şi în prima parte, problemele regimurilor tranzitorii ale calculului şi construcţiei, cum şi ale maşinilor speciale sînt tratate succint. În această lumină, cartea poate fi încadrată în grupa de lucrări consacrate teoriei clasice a maşinilor de curent alternativ.

Dintre aspectele pozitive pot fi semnalate accesibilitatea pentru o mare categorie de studenţi şi scoaterea în evidenţă a laturii fizice a proceselor electromagnetice care se desfăşoară în maşinile electrice. Din aceste puncte de vedere, lucrarea se află la un nivel înalt de prezentare a problemelor, fiind una dintre monografiile de deosebită valoare apărute în literatura tehnică de specialitate.

Metodologia adoptată comportă însă multe aspecte discutabile. Astfel, în perioada actuală, maşina electrică, fie că este vorba de maşină de mare, de mică sau microputere, funcţionează, de regulă, ca un element într-un sistem reglabil; în această situaţie trebuie considerată, în primul rînd, comportarea dinamică a maşinii.

Orice lucrare, care apare în perioada actuală în acest domeniu, nu poate trece cu vederea problemele teoriei moderne, teoria proceselor tranzitorii — ale maşinilor de curent alternativ. După cum s-a spus mai sus, şi în lucrarea de faţă se examinează succint aceste probleme.

S-ar putea ridica problema că pentru viitorul proiectant de maşini electrice, căruia i se adresează în special, această lucrare, procesele tranzitorii n-ar prezenta un interes deosebit, deoarece acestea privesc datele nominale ale maşinii prin tema de proiectare; în exploatare însă maşina sau transformatorul trebuie să facă faţă atît regimului permanent, cît şi diferitelor regimuri dinamice. Din această cauză considerăm că prezentarea mai amplă a teoriei moderne a maşinilor electrice are o importanţă majoră pentru specialiştii în maşini electrice.

O deosebită importanţă pentru circuitele simetrice spaţiale polifazate cuplate magnetic prezintă problema asocierii sensurilor pozitive pentru mărimile electromagnetice. Stabilirea acestor reguli prin introducerea „maşinii de referinţă" favorizează într-o mare măsură înţelegerea proceselor electromagnetice în aceste circuite, şi oferă posibilitatea corelării în timp şi spaţiu a fenomenelor.

Considerăm foarte pozitivă introducerea în ecuaţiile generale de funcţionare a maşinii sincrone (teoria celor două reacţii). Importanţa acestei teorii ar fi impus, după părerea noastră, un spaţiu mai mare şi o prezentare mai accesibilă.

Deosebit de valoroase în lucrare sînt capitolele consacrate calculului cîmpului magnetic şi al permeanţelor magnetice, calculului electromagnetic, construcţiei şi maşinilor speciale.

În ansamblu lucrarea se caracterizează printr-un stil clar, o abordare didactică a problemelor, trecîndu-se în revistă aspectele actuale ale teoriei şi construcţiei maşinilor de curent alternativ, relevîndu-se construcţiile oamenilor de ştiinţă din diferite ţări la dezvoltarea acestuia. Lucrarea poate fi folosită cu succes în ţara noastră atît în cadrul institutelor de învăţămînt, cît şi în institutele de cercetare şi proiectare.

V. N. Nedelcu

N. I. Baciurin. **Transformatoare de curent** (Transformatori toka). Moscova-Leningrad, Izdatelstvo Energhii, 1964, 376 p., 181 ref. bibl.

În cadrul seriei de monografii dedicate aparatajului de înaltă tensiune, editate în U.R.S.S., a apărut lucrarea specialistului sovietic N. I. Baciurin. Autorul este cunoscut prin lucrările sale publicate, în special, în revistele „Elektricestvo" şi „Elektrotehnika", tratînd problemele construcţiei transformatoarelor de curent.

Este de menţionat că dacă în teoria transformatoarelor de curent sînt lucrări de bază, ca de pildă cartea lui I. Goldstein, „Die Messwandler", Basel, Verlag Birkhäuser, 1952, în schimb nu sînt cunoscute în literatura mondială monografii care să trateze problemele constructive.

Lucrarea este împărţită în două părţi. În prima parte, pe lîngă problemele generale ale teoriei transformatoarelor de curent, se prezintă procesele electrofizice, calculele compensării şi la fel calculele transformatoarelor de curenţi foarte mari. Cea de-a doua parte a lucrării tratează problemele propriu-zise ale construcţiei transformatoarelor. De observat că din volumul total al cărţii, această parte ocupă două treimi.

Ne vom ocupa mai pe larg de capitolele corespunzătoare construcţiei transformatoarelor. Capitolul şase se ocupă de clasificarea lor. Autorul consideră zece criterii de clasificare şi anume: după destinaţie; genul instalaţiilor la care va lucra: interior, exterior sau în condiţii speciale; modul de realizare a bobinajului primar; tipul izolaţiei dintre bobinajul primar şi secundar; felul dispunerii bobinajelor faţă de miezul magnetic; considerente constructive; gradul de automatizare; numărul de trepte de transformare; frecvenţa de lucru şi condiţiunile climatice.

Capitolul şapte prezintă transformatoarele de curent pentru instalaţii de tip interior. Este vorba de transformatoarele de trecere cu multe spire, de tip bară, transformatoarele pentru nave (de interior) şi cu izolaţie de aer.

În capitolul opt sînt prezentate transformatoarele de tip special, în primul rînd transformatoarele de laborator. Acestea au cerinţe speciale şi anume: posibilitatea obţinerii mai multor coeficienţi de transformare pe acelaşi aparat, precizie mărită pentru toţi coeficienţii de transformare şi gabarite şi greutăţi reduse pentru uşoară manipulare. Pentru frecvenţe mărite, pînă la 9 600 Hz se prezintă transformatoare de construcţie specială. Se mai studiază autotransformatoarele de curent pentru protecţie diferenţială şi cleştele Dietz. Capitolul nouă se ocupă de transformatoarele montate în aparatajul complex de înaltă tensiune.

În cel de-al zecelea capitol se prezintă transformatoarele de curent pentru instalaţiile de tip exterior. Aceste tipuri, în special, cele de înaltă tensiune, ridică probleme speciale de izolaţie. Este studiată izolaţia pe hîrtie impregnată în uleiuri minerale, atît prin prisma calculelor, cît şi a experimentărilor. Se prezintă gradienţii de potenţial folosiţi în construcţia transformatoarelor.

În ultima vreme se constată o tendinţă puternică de înlocuire a construcţiilor clasice cu construcţiile moderne aşa-zise „turnate". Avantajele acestor noi construcţii au dus în unele ţări (R.F.G., Franţa, Italia) la realizarea unor clase de tensiuni de transformatoare pînă la 35 kV numai cu izolaţie turnată. Se tinde să se realizeze transformatoare şi pentru tensiuni mai ridicate de 60 şi 110 kV.

Ca material de turnare se folosesc, în special, rășinile epoxidice cu întărire la rece sau la cald. În ce privește proiectarea și tehnologia izolației turnate se ridică cîteva probleme mai importante și anume : metoda de fixare a bobinajelor și a celorlalte detalii în interiorul formei înaintea turnării ; compensația diferenței coeficienților de dilatare liniară dintre compoundurile de rășini și elementele înglobate ; contracția rășinii după întărire ; descărcările capacitive și de tip Corona ; izolația dintre spire ; arhitectonica construcției ; posibilitatea funcționării în instalațiile de tip exterior și problema folosirii aluminiului ca material pentru bobinaje, în locul cuprului.

În acest capitol se prezintă pe larg aproape toate construcțiile mai importante din S.U.A., Europa și din U.R.S.S.

Această prezentare nu se rezumă numai la latura constructivă, ci abordează și problemele tehnologice. Este interesantă evoluția indicilor tehnico-economici ai acestor transformatoare, vădindu-se progresul remarcabil prin introducerea izolației turnate.

Ultimul capitol (XI), se ocupă de detaliile constructive ale transformatoarelor de curent (de detaliile transformatoarelor pentru tensiuni înalte). Se prezintă construcția și calculul conservatoarelor de ulei ; dispozitivele de ermetizare ; construcțiile pentru compensarea dilatării uleiului și gazului în interiorul cuvelor ; construcțiile bornelor primare și secundare ; comutatoarele de secții ; indicatoarele de nivel de ulei și absorbitoarele de umiditate.

Lucrarea are un bogat material informativ în domeniul transformatoarelor de curent, corespunzînd literaturii moderne (181 trimiteri bibliografice). În special sînt tratate pe larg problemele constructive, aceasta fiind de altfel și intenția autorului.

În special lucrarea este de folos pentru inginerii din fabricile constructoare de aparataj de înaltă tensiune, cum și pentru inginerii energeticieni din exploatare.

A. Bercu

REFERATE

CZ 621.3 *Electrotehnică generală*

CZ 621.3.011.3 : 512.831

S a n d e r, K. F. **Conceptul de matrice terminală de admitanțe și impedanțe extins la medii continue.** În : Proc. Inst. Electr. Engnrs., vol. **111**, nr. 6, iun. 1964, p. 1 107—1 116.

Pentru medii continue, în locul matricelor impedanțelor (sau admitanțelor) trebuie introduse nucleele unor ecuații integrale singulare. Rezultatele articolului se referă la două sisteme electrostatice mărginite de o frontieră comună denumită „fereastră". Se stabilesc expresii echivalente ecuațiilor matriciale $v = Ri$ sau $i = Gv$ pentru cazul mediilor continue cu sau fără surse în interior. Se arată condițiile de echivalență a două sisteme, care au aceeași suprafață de interacțiune și care provoacă efecte similare asupra unei regiuni vecine.

Se arată, de asemenea, că ecuația Poisson este un caz particular al ecuațiilor integrale dezvoltate în articol și, în sfîrșit, se stabilesc relațiile care există între cîmpurile unui mediu continuu și cele obținute pe o rețea analogică cu rezistențe.

În concluzie se arată că specificarea proprietăților marginale ale sistemelor continue este analogă cu specificarea condițiilor terminale ale unei rețele și se stabilesc care sînt analogiile discrete ale anumitor sisteme continue.

A. R.

CZ 621.3.015.2:518.831

P o l o u j a d o f f, M. **Aplicarea a două teoreme de calcul matricial la problemele de electrotehnică** (Application de deux théorèmes de calcul matriciel à des problèmes d'électrotechnique). În : Bull. de la Soc. franc. des Électr., seria 8 tom. **V**, nr. 54, 1964, p. 387—392, 2 fig., 3 tab., 8 ref. bibl.

Pornind de la constatarea că studiul regimurilor tranzitorii în cazul general prin metoda transformatei Laplace este foarte laborios, în articol se arată că prin folosirea seriilor de matrice Neuman se obțin mari simplificări, rapiditate și mare eficacitate a calculelor. Verificarea s-a făcut cu ocazia aplicării acestei metode la studiul unor probleme neliniare. Metoda a fost aplicată pentru diverse cazuri și, în special, la studiul mașinilor electrice rotative (pornirea motorului asincron), rezultatele sub formă de aplicații numerice fiind date în anexă.

L. V.

CZ 621.3.045.5

P a s t u h o v, V. M. **Cauzele avarierii părților de capăt ale bobinajelor mașinilor electrice** (Pricini pererejdenii bolevîh ciastei obmotak elektrodvigatelei). În : Elektrotehnika **36**, nr. 8, 1964, p. 16—17, 1 fig., 1 tab.

Se constată că la mașinile electrice trifazate, o bună parte din avarii se produc în părțile de capăt ale bobinajelor. Aceste avarii se produc, în special, la mașinile de gabaritele 8 și 9 ale seriei unitare de mașini asincrone. Pentru mărirea siguranței în exploatare s-a realizat izolarea suplimentară a părților de capăt pentru fiecare secție. Se prezintă datele de calcul și construcție pentru bobinajele electromotoarelor de tipul A, gabaritele 5, 8 și 9. Într-o schemă desfășurată se prezintă procesul de avariere a izolației în părțile de capăt ale bobinajelor. În special, din datele de exploatare se obțin recomandări cu privire la îmbunătățirea izolației.

A. B.

CZ 621.313 *Mașini electrice*

CZ 621.313 : 62.213.44

F r e y, G. și F i s c h e r, W. **Încercarea la presiune și la străpungere a utilajelor electrice capsulate** (Prüfung der Druck- und Zünddurchschlagsicherheit druckfester Kapselungen elektrischer Betriebsmittel). În : Elektrie, nr. 3 martie 1964, p. 86—91, 3 fig., 2 diagrame.

Autorul indică în primul rînd cele trei metode (adaosul de oxigen, precomprimarea și adaosul de nitroceluloză), cu ajutorul cărora presiunea din carcasă (care în caz de explozie nu trece de 6—7 at) se poate ridica la presiunea de 10 at prescrisă pentru încercări. Urmează schema și descrierea dispozitivului necesar adaosului de oxigen sau de nitroceluloză și apoi explicația sistemului prin precomprimare.

Relativ la rezultatele încercărilor se comunică, în cazul adaosului de oxigen, proporțiile de amestec la care intervin presiunile de explozie cele mai mari. În cazul amestecului cu nitroceluloză se arată într-un grafic dependența presiunii de explozie în funcție de cantitatea de nitroceluloză. Autorul arată apoi că presiunea de explozie variază și cu volumul carcasei și prezintă în patru grafice diferite necesarul de nitroceluloză pentru obținerea a 10, respectiv 11 at (respectiv 13—15 at) în funcție de acest volum. Se dau în plus amănunte privitoare la adaosul nitrocelulozei în cazul motoarelor și în cazul carcaselor de la aparatele capsulate.

Pentru cazul precomprimării cu o presiune $p_A - p$ fiind presiunea de explozie — se arată în grafice că pentru aceeaşi precomprimare p_A presiunea p de explozie nu este egală pentru toate gazele cu care s-a făcut încercarea (hidrogen, acetilenă etc.).

În încheiere se face o comparaţie tehnică şi economică a celor trei sisteme descrise în articol.

Gh. C.

CZ 621.313.001.6

Nassar, S. A. **Teoria electromagnetică a maşinilor electrice.** În : Proc. Inst. Electr. Engnrs., vol. **111**, nr. 6, iun 1964, p. 1 123—1 131.

Articolul prezintă sintetic, bazat pe 92 de referinţe bibliografice, aplicaţiile teoriei cîmpului electromagnetic la studiul maşinilor electrice. Metodele de studiu pot fi clasificate în : metode bazate pe energia localizată în întrefierul maşinii ; metode bazate pe transferul de energie dintre stator şi rotor ; metode bazate pe analogia dintre teoria cîmpului electric şi teoria circuitului electric : metode speciale, cum ar fi metoda imaginilor, transformarea conformă sau diferite procedee grafice. Scopul articolului este cvadruplu şi urmăreşte să facă o clasificare a diferitelor metode de analiză ; să prezinte un rezumat asupra literaturii publicate pînă în prezent, să pună în evidenţă existenţa armonicelor spaţiale în cîmpul rezultant din întrefierul maşinilor electrice şi să dea cîteva exemple ilustrative pentru diferite metode de analiză, incluzînd problema maşinii cu inducţie monofazate. Articolul reprezintă o sinteză interesantă, deşi trebuie remarcat că autorul a avut în vedere numai articole scrise în limba engleză şi nu a consultat articolul fundamental al lui Pillet [1]. (L'évolution de la théorie des machines tournantes à courant alternatif). În : R.G.E., vol. **61**, nr. 10, oct 1952, p. 449—465, 228 ref. bibl.

A. R.

CZ 621.313.2.001.24

Danko, V. G. **Mijloace de îmbunătăţire a ventilaţiei maşinilor mari de curent continuu** (Sposobî uluciseniia ventiliaţii krupnih maşin postoianovo toka). În : Electrotehnika, **35**, nr. 4, 1964, p. 39—42, 3 fig., 2 tab., 4 ref. bibl.

Se prezintă cinci variante de ventilaţie pentru un motor de curent continuu folosit la o linie de laminoare. Caracteristicile acestui motor sînt : puterea 7 400 kW ; curentul rotoric 9 200 A ; tensiunea nominală 860 V ; viteza de rotaţie 60/90 rot/min ; izolaţia bobinajului rotoric de clasa B. Se prezintă calculul ventilaţiei pentru cele cinci variante, încadrîndu-se rezultatele în diagrama variaţiei debitului aerului de răcire în funcţie de numărul canalelor de ventilaţie. În concluzie se arată că temperatura maximă este la partea de capăt a bobinajelor rotorice, în direcţia acţionării, ceea ce se verifică şi prin calcul.

Cea mai eficientă măsură pentru micşorarea temperaturii maxime a părţilor de capăt ale bobinajelor rotorice o constituie divizarea acestor părţi de capăt şi formarea de canale de ventilaţie între ele. În acest sens se fac recomandări cu caracter constructiv pentru îmbunătăţirea ventilaţiei maşinilor electrice mari de curent continuu.

A. B.

CZ 621.313.333.001.57

Idelberger, K. **Inductorul trifazat liniar — o nouă formă specială a motorului asincron trifazat** (Der lineare Drehstrom-Induktor, eine neuartige Sonderform des Drehstrom-Asynchronmotors). În : ETZ-B **16**, nr. 5, 28 februarie 1964, p. 105—108, 7 fig., 7 ref. bibl.

Punînd bazele teoretice ale problemei în discuţie, autorul arată că inductorul trifazat liniar se construieşte pe principiul motorului asincron cu rotor în colivie, pe motiv că acesta este considerat cel mai bun motor electric în privinţa robusteţei, costului de fabricaţie şi al cuplului motor.

Autorul stabileşte proprietăţile inductorului trifazat liniar plecînd de la cazul general al inductorului polifazat, în conformitate cu teoria cîmpului învîrtitor. Inductorul liniar realizat din tole de siliciu comportă crestături în care se introduc şi se leagă în stea cele trei faze alimentate de la reţea în curent alternativ trifazat. Noul tip de motor descris în articol prezintă o serie de particularităţi în privinţa repartiţiei curentului în secundar şi în ceea ce priveşte diagrama curenţilor.

Aplicaţiile experimentale urmărite de autor privind funcţionarea noului motor la acţionările electrice ale unor vehicule care se deplasează pe şine, acţionarea unor pompe fără părţi mobile şi la utilizări speciale în metalurgie au dat rezultate din cele mai bune, ceea ce permite autorului să recomande folosirea pe scară cît mai largă a inductorului trifazat liniar ca o nouă formă a motorului asincron trifazat.

A. C.

621.315.6 *Materiale izolante*

CZ 621.315.616.96

Van Gelder, M. P., Bardoux, M. V. şi Bovis, M. C. **Aplicaţiile hipalonului în industria electrică** (Les applications de l'hypalon dans l'industrie électrique). În : Bul. de la Soc. franç. des Électr., seria 8, tom. **V**, nr. 54, 1964, p. 393—412, 20 fig., 5 tab., 2 ref. bibl.

Se descriu caracteristicile fizice, chimice şi electrice ale hipalonului (polietilena clorosulfonată) în industria de cabluri electrice şi în alte industrii, insistîndu-se asupra folosirii ei la realizarea cablurilor folosite pentru transportul energiei electrice sau pentru telecomunicaţii, protejate cu manta de plumb sau de aluminiu, arătîndu-se perspectivele de viitor.

L. V.

CZ 621.315.61 : 621.314.2

Lurie, S. I. **Caracteristicile mecanice ale materialelor electroizolante folosite la bobinajele transformatoarelor** (Mechaniceschie karakteristiki izolaţionnîh materialov obmotok transformatorov). În : Elektrotehnika, **35**, nr. 4, 1964, p. 29—32, 7 fig., 1 tab., 7 ref. bibl.

Problema rezistenţei mecanice a bobinajelor transformatoarelor la scurtcircuit este actuală şi nu a fost complet elucidată. La proiectarea transformatoarelor este necesară, calcularea eforturilor care acţionează asupra bobinajelor şi de asemenea, determinarea forţelor maxime de presare asupra elementelor distanţiale. Aceste calcule pot fi efectuate numai în cazul existenţei caracteristicilor mecanice ale bobinajelor, în primul rînd curbele de presiuni asupra bobinajelor. Pentru elucidarea acestor probleme, la VEI (U.R.S.S.) s-a construit o instalaţie specială, înzestrată cu aparatură tensometrică. Se descrie această instalaţie şi se prezintă fotografia ei. La fel, se pune problema şi pentru distanţoarele dintre bobinaje care, în general, se fabrică din preşpan. Se studiază caracteristicile mecanice ale cîtorva tipuri de preşpan fabricate în U.R.S.S. şi se ajunge la concluzia caracterului neliniar al variaţiei deformaţiei în funcţie de presiune. La prima încercare toate tipurile de preşpan au deformaţii remanente mari (20—40 % din deformaţia totală). După mai multe încercări aceste deformaţii remanente se reduc în mod apreciabil. În scopul micşorării deformării izolaţiei transformatorului montat după uscare şi, de asemenea, pentru păstrarea gradului iniţial de presare în exploatare, se recomandă presarea bobinajelor după uscare cu presiuni de 1,5—2 ori mai mari decît cele folosite la presarea transformatoarelor.

A. B.

CZ 621.315.62.002.2 : 621.315.612.6

Ivahina, L. A. ş.a. **Noi acoperiri pentru îndepărtarea defectelor de glazurare a izolatoarelor** (Novîe vidî pokriţii dlea ispravleniia glazurnîh defektov na izoleatorah). În : Stekla i keramika **81**, nr. 3, martie 1964, p. 23—26, 2 tabele, 2 ref. bibl.

Se descrie experienţa reparării defectelor de glazurare a izolatoarelor electrice. Astfel, se arată că acoperirea defectelor de glazurare de mică întindere cu răşini epoxidice dă rezultate satisfăcătoare. Experienţele au constat în acoperirea defectelor de glazurare cu răşini ED-6, ED-5 şi ED-40, cu 8—15 % trietanolamină cu adaos de întărire. Acest preparat pe bază de răşini conferă o bună aderenţă la porţelan şi o culoare curată a acoperirii.

Reducerea duratei de uscare se realizează adăugînd materialului acid fosforic, în cazul culorii albe sau rezinat de mangan, la acoperiri brune. Ca umplutură se folosesc oxid de zinc sau praf de porţelan, în cazul culorii albe şi miniu de fier, ocru sau piroluzită, pentru culoarea brună. Dacă se urmăreşte ca materialul după uscare să fie lucios, i se adaugă colofoniu. Stratul de acoperire se aplică şi se întăreşte în grosimi de 0,1—0,15 mm atît la rece, cît şi la cald. Încercările făcute cu materialul destinat acoperirilor pe scară industrială au dat rezultate satisfăcătoare în privinţa încercărilor mecanice şi de aderenţă. De asemenea, materialul recomandat pentru acoperirea defectelor de glazurare are o bună rezistenţă la străpungere.

A. C.

CZ 621.315.61.317.338.8

Greisuh, A. M., Kaplan, A. D., Kucinskii, S. G. şi Messerman, T. G. **Rezistenţa la impuls a izolaţiei de hîrtie-ulei folosită în construcţia aparatajului de înaltă tensiune** (Impulsnaia procinosti apparatnoi bumajnomaslianoi izolaţii). În : Elektrotehnika, **35**, 1964, nr. 4, p. 33—35, 5 fig., 3 tab., 2 ref. bibl.

În construcţia aparatajului de înaltă tensiune şi în unele construcţii de izolatoare de trecere de tip condensator şi în alte cazuri, se foloseşte izolaţia din hîrtie de cablu impregnată în ulei mineral. În articol se studiază comportarea acestei izolaţii sub acţiunea tensiunii de impuls. Încercările s-au efectuat pe epruvete cu grosimea izolaţiei de 1 mm şi lungimea de conturnare de 15—100 mm, care corespund dimensiunilor în general folosite la aparatajul de înaltă tensiune. Tehnologia realizării epruvetelor a corespuns tehnologiei folosite în mod curent în industrie. Rezultatele experimentărilor au arătat că tensiunea de străpungere a izolaţiei de tip hîrtie-ulei, în cîmp electric neuniform, este de circa 85 kV (la o grosime a izolaţiei de 1 mm) şi nu depinde de lungimea undei în limitele de la 2 μs pînă la 0,2 s. Tensiunea de conturnare se micşorează o dată cu creşterea lungimii undei. La o grosime a izolaţiei de 1 mm intensitatea cîmpului electric de conturnare se micşorează de la 20 kV/cm (la o distanţă de conturnare de 15 mm) pînă la 15 kV/cm (la o distanţă de 50 mm). Gradientul mediu la descărcarea pe suprafaţă în ulei este de 15 kV/cm (distanţa între electrozi 20 cm) şi 10 kV/cm (distanţa între electrozi 40 cm).

A. B.

CZ 621.316 *Reţele de distribuţie a energiei electrice*

CZ 621.316.11.001.24 : 518.12

Van Mele, R. **Metoda iterativă accelerată aplicată la calculul reţelelor electrice** (Méthode itérative accelérée appliquée au calcul des réseaux électriques). În : Rev. E. **4**, nr. 5, 1964, p. 187—189, 4 fig., 2 anexe, 6 ref. bibl.

Se descriu caracteristicile programului de calcul folosit în reţelele electrice, modificările pe care le permite şi ecuaţiile fundamentale aplicabile în cazul unui proces iterativ accelerat la rezolvarea unei reţele electrice. Valoarea optimă ω_0 a factorului de accelerare este definită pornind de la caracteristicile matricelor de admitanţă folosite. Discutîndu-se condiţiile de convergenţă se dau indicaţii privind metodele de rezolvare a reţelelor cu caractere particulare (linii puternic capacitive, reţele în care predomină energia activă, reţele în care predomină consumul de energie reactivă) şi se arată rezultatul încercărilor efectuate.

L. V.

CZ 621.316.88 : 621.313.333.1/2

Fantini, F. **Reostate automate pentru motoare asinerone** (Reostati automatici per motori asincroni). În : L'ingegnere, nr. 10, 1963, p. 971—976, 5 fig.

Metodele clasice întrebuinţate pentru pornirea motoarelor asincrone trifazate înlătură numai în parte inconvenientele care apar în cursul acestui proces tranzitoriu. În ultimii ani, rezultate satisfăcătoare au fost obţinute prin folosirea celor două tipuri de reostate automate prezentate în acest articol. Funcţionarea acestor reostate se bazează pe marea diferenţă de rezistivitate care există între un electrolit în stare lichidă şi vaporii acestui electrolit, cum şi pe variaţia foarte mare a rezistivităţii anumitor electroliţi, cu temperatura. După cum se afirmă, cu aceste reostate automate se obţin valori maxime ale curentului de pornire, mult mai mici, decît cele care se obţin cu alte reostate clasice ; de asemenea, pornirea este fără trepte şi mai rapidă.

Primul reostat automat, tip RLV, folosit în circuitul rotoric al motoarelor de inducţie cu rotor bobinat, întrebuinţează un electrolit la care diferenţa de rezistivitate dintre starea lichidă şi starea de vapori este de 1/50. Un gram de lichid poate furniza 1 250 cm^3 de vapori. Vaporizarea electrolitului în contact cu electrozii are loc într-un timp foarte scurt, cînd curentul ajunge la 2—3 ori valoarea nominală, de ordinul unei fracţiuni de sutime de secundă. Cînd motorul porneşte, curentul rotoric este mare şi vaporizează electrolitul ; curentul statoric este limitat ; curentul rotoric scăzînd, o parte din vapori sînt înlocuiţi cu electrolit lichid, rezistenţa scade şi curentul rotoric poate să crească. Astfel, rezistenţa reostatului automat se adaptează în fiecare moment valorii curentului rotoric. Electrolitul trebuie astfel ales încît variaţiile de concentraţie, datorite pierderilor prin evaporare, să ducă la variaţii cît mai mici ale rezistenţei. În general, se întrebuinţează soluţii de carbonat de potasiu, carbonat de sodiu, borat de potasiu. S-au construit astfel de reostate automate pentru motoare pînă la 40 CP. Totuşi, ele pot fi folosite şi pentru motoare mai mari, prin legarea mai multor reostate în paralel.

Pentru pornirea motoarelor cu rotorul în scurtcircuit se folosesc reostatele automate tip S.T. Acesta se bazează pe principiul micşorării rezistivităţii unui electrolit, pe măsură ce temperatura creşte. Reostatele de acest tip s-au construit pentru pornirea motoarelor pînă la 100 CP şi 500 V. Ele pot să fie folosite mai multe, în paralel, pentru pornirea unui motor mai mare ; s-a mers pînă la 750 CP.

CZ 621.317 *Măsurări electrice. Aparate de măsură*

CZ 621.317.313.014.332 : 621.318.323.2

Stevens, M. C. **Măsurarea parametrilor miezurilor de ferită la curenţi de comutaţie foarte mari** (Ferrite core parameter measurements at very high switching currents). În : Electr. Engineer., **36**, nr. 437, 1964, p. 470—473, 9 fig., 1 tab., 10 ref. bibl.

Se descrie un aparat care produce impulsuri de curent, cu o amplitudine de 10 A, cu timp de urcare de 0,25 ns, care

poate fi folosit pentru măsurarea parametrilor de comutaţie a miezurilor de ferită cu buclă de histerezis, în cazul cînd mecanismul de inversare este acţionat prin rotaţie (uniformă sau neuniformă) sau prin translaţie, indicîndu-se parametrii măsuraţi cu ocazia experimentărilor efectuate asupra a opt tipuri de miez.

L. V.

CZ 621.317.39 : 531.767 : 538.632

Kucis, E. şi Iazbutis, T. **Tahometru bazat pe efectul Hall** (Tahometrî osnovannii na efekte Hall-a). În : Radio, nr. 3, martie 1964, p. 26—27, 1 fig.

Încadrînd problema, autorul precizează că noul tip de tahometru pentru măsurarea fără contacte, al cărui principiu de funcţionare se bazează pe efectul Hall, prezintă o serie de avantaje, ca :

— precizie mare la măsurare ;

— independenţa amplitudinii semnalului electric faţă de turaţie ;

— permite determinarea turaţiilor mici ;

— înlesneşte controlul uniformităţii mişcării de rotaţie.

În traductorul Hall format dintr-o placă semiconductoare introdusă într-un cîmp magnetic constant, la trecerea curentului continuu apar tensiuni electromotoare induse. Forma tensiunii Hall va reproduce cu precizie particularităţile de rotaţie a traductorului.

Noul tip de tahometru se poate folosi la măsurarea fără contact a turaţiei de 30—4 000 rot/min, adică 0,5—100 Hz cu o precizie de 1,5 %. În articol se indică schema de principiu şi o serie de date prin construcţia aparatului. Traductorul Hall se fixează într-un suport amplasat în întrefierul unui magnet permanent, care se fixează pe capătul arborelui în rotaţie. Astfel se înlătură contactele alunecătoare pentru conectarea traductorului la aparatul de măsurat. Traductorul descris de autor este o placă de germaniu tip „n", fiind alimentat de la un redresor cu diode şi filtru R.C.

A. C.

CZ 621.317.749.012.6 : 531.758

Corriga, G. **Caracteristicile traductoarelor electrice de presiune** (Caratteristiche dei tradutori elettrici di pressione). În : Automazione e strumentazione, vol. **12**, nr. 2, 1964, p. 45—55, 3 fig., 3 tab., 7 ref. bibl.

În lucrare sînt descrise 101 traductoare electrice de presiune, folosite pe scară mondială în cele mai variate domenii ale tehnicii, grupate sistematic într-o tabelă cu 29 de coloane, în care pentru fiecare tip se arată : principiile de funcţionare, funcţionarea în regim static şi dinamic, caracteristicile de întrebuinţare, cum şi caracteristicile electrice şi mecanice.

L. V.

CRONICĂ

CZ 061.3 : 621.3(498) U.C.M.R. „1964"

PRIMA SESIUNE DE COMUNICĂRI TEHNICO-ŞTIINŢIFICE LA UZINA DE CONSTRUCŢII DE MAŞINI—REŞIŢA

Între 8 şi 10 octombrie 1964 a avut loc la Uzina de construcţii de maşini—Reşiţa prima sesiune de comunicări tehnico-ştiinţifice. După cuvîntul de deschidere, rostit de directorul general ing. Avram Ion, s-a anunţat următoarea grupare a lucrărilor sesiunii :

— Secţia I. Proiectarea şi tehnologia agregatelor executate de U.C.M.R.

— Secţia II. Turnătorii, forje, tratamente termice, acoperiri metalice, determinări la laborator.

Comunicările din secţii s-au caracterizat printr-un înalt nivel ştiinţific şi printr-o strînsă legătură cu cele mai actuale şi importante probleme ale economiei naţionale.

Din cadrul secţiei I am reţinut comunicările :

— Ing. *Mihai Opaschi* : Consideraţii privind hidrogeneratoarele de medie putere realizate la U.C.M.R., prezentînd cascada de centrale hidroelectrice de pe Bistriţa — aval şi grupurile de centrale hidroelectrice similare, tipurile de hidrogeneratoare proiectate de U.C.M.R. cu precizarea datelor nominale, a tipurilor constructive, a schemelor de excitaţie şi a principalelor condiţii tehnice. S-au mai prezentat unele consideraţii cu privire la alegerea dimensiunilor principale, a solicitărilor electromagnetice şi mecanice.

În continuare s-au analizat caracteristicile tehnice în comparaţie cu tipurile similare, arătîndu-se rezultatele parţiale obţinute în comparaţie cu valorile calculate.

— Ing. *Monica Valesov* : Consideraţii cu privire la proiectarea generatoarelor sincrone de reglaj, în care s-au prezentat generatoarele sincrone folosite la reglarea turaţiei hidroagregatelor, maşini speciale de mică putere al căror calcul e diferit de cel al maşinilor sincrone obişnuite. S-au evidenţiat principiile generale de calcul al acestor maşini, cum şi datele experimentale ale prototipurilor fabricate la U.C.M.R., cu ajutorul cărora s-a stabilit metoda de calcul.

La generatorul sincron de reglaj excitat cu magneţi permanenţi, această metodă se axează pe găsirea şi respectarea inducţiei şi intensităţii magnetice optime pentru care energia magnetică a polului este maximă, şi pe realizarea unei caracteristici exterioare U = f (I) corespunzătoare. Este foarte important pentru stabilirea reglării ca această caracteristică să fie cît mai puţin înclinată, un rol de seamă în această privinţă revenind polilor confecţionaţi dintr-un aliaj special pentru magneţi permanenţi.

— Ing. *I. Grando* : Sisteme de excitaţie a hidrogeneratoarelor de mare putere, în care s-a analizat comportarea hidrogeneratoarelor de mare putere în condiţii grele de funcţionare, cum sînt şocuri de sarcină, şocuri din cauza scurtcircuitelor şi a deconectării liniilor lungi. S-au caracterizat fenomenele electrice însoţitoare ale acestor condiţii şi măsurile care se iau în sistemul de excitaţie pentru menţinerea în limitele minime a variaţiei de tensiune a hidrogeneratoarelor.

În cadrul expunerii sistemelor de excitaţie cu maşini rotative s-au descris cele aplicate de U.C.M.R. la C.H.E. Roznov, Pîngăraţi, Zăneşti-Costişa. În încheiere s-au schiţat perspectivele în construcţia sistemelor de excitaţie şi reglaj pentru hidrogeneratoare Bistriţa-aval.

— Ing. *Ştefan Ţiganetea* : Soluţii noi aplicate în construcţia turbogeneratoarelor la U.C.M.R. După un scurt istoric al dezvoltării de turbogeneratoare la U.C.M.R. s-au analizat cauzele care limitează creşterea puterii turbogeneratoarelor, cum şi soluţiile adoptate în vederea depăşirii limitelor. S-a tratat problema răcirii cu hidrogen, răcire care permite mărirea simţitoare a puterii turbogeneratoarelor, diverse variante ale răcirii cu hidrogen, avantajele şi dezavantajele fiecărei variante şi diverse soluţii pentru asigurarea etanşeităţii statorului.

S-a examinat o serie de materiale noi care permit mărirea solicitărilor mecanice şi electromagnetice.

Toate aceste probleme sînt particularizate la cazul turbogeneratorului de 60 MW cu răcire forţată cu hidrogen, în curs de asimilare la U.C.M.R.

— Ing. *Simion Simu*: Agregate electrice fabricate la U.C.M.R. pentru acţionarea laminoarelor. Se prezintă obţinerea laminoarelor reglabile reversibile prin montajul maşinilor electrice în cascadă, tratîndu-se acţionările laminoarelor cu maşini asincrone în cascadă, cu maşini cu colector clasice, arătîndu-se avantajele prezentate de acest gen de acţionări.

S-a prezentat un grup nou de acţionare în cascada cu ax orizontal, compus din maşină asincronă şi maşină de curent continuu pentru acţionarea liniei degrosisoare şi finisoare a unui laminor. Grupul, funcţionînd în cascadă, permite obţinerea unei variaţii de viteză de 40% la puterea constantă şi cuplu variabil; se expun schema de principiu şi principiul de funcţionare a cascadei. S-au expus considerentele care au determinat alegerea soluţiilor şi rezultatele obţinute la încercări.

A urmat o serie de consideraţii asupra construcţiei şi montajului agregatelor mari pe trei lagăre cu axa orizontală.

— Ing. *Ovidiu Suleanu*: Studiu asupra frînării motoarelor electrice asincrone pentru macarale, prezentînd o formă unitară a metodelor de frînare ale motoarelor asincrone pentru macarale.

În mod critic s-a analizat fiecare metodă de frînare (metoda frînării contracurent, subsincronă, suprasincronă). Rezultatele care s-au obţinut la U.C.M.R. prin aplicarea fiecărei metode în parte au fost discutate cu viu interes.

S-a indicat metoda de calcul folosită în cadrul diferitelor acţionări (mecanism normal, graifer, ax electric), în concluzie se arată că prin cercetările şi măsurările făcute frînarea suprasincronă dă rezultate mai bune în exploatare decît cea subsincronă la acţionarea graiferului.

În afară de metodele de frînare s-au arătat şi elementele componente fabricate de U.C.M.R., controlerele, rezistenţele, magneţii de frînă, ridicătorii de frînă electrohidraulici etc.

Sub aspectul concepţiei şi al calităţii s-a analizat contribuţia adusă de U.C.M.R. şi s-au dat indicaţii privind alegerea optimă a acestora.

La discuţiile de la şedinţa de închidere, participanţii la sesiune au apreciat nivelul ridicat al comunicărilor prezentate şi au subliniat importanţa deosebită a sesiunii.

Grozea L.

CZ 061.3: 621.3-53 GUAEIA „1964"

SESIUNE TEHNICO-ŞTIINŢIFICĂ LA GUAEIA

Grupul de uzine de aparataj electrotehnic şi instalaţii de automatizare a organizat, în zilele de 16 şi 17 octombrie 1964, o sesiune tehnico-ştiinţifică, în sala de proiectări de la I.P.A.

Lucrările sesiunii au fost împărţite în trei grupe cu teme distincte după cum urmează:

— partea I, în care s-au prezentat referate privind Institutul de automatizare, telemecanică şi transmisiune;

— partea a II-a a sesiunii a cuprins referate tratînd problema îmbunătăţirii produselor şi producţiei;

— partea a III-a, în care s-au expus referate privind elemente de automatizare şi acţionări electrice.

Dintre lucrările care au fost prezentate la această sesiune se dau în continuare cîteva care ar putea interesa mai mult pe cititorii revistei noastre.

Din partea I a sesiunii se amintesc următoarele referate:

E. Stătescu, I. Mitescu şi **I. Bandel**: „Sisteme telefonice de curenţi purtători. Realizări şi perspective" (Uzinele Electromagnetica);

I. Genunchi: „Echipament electric pentru electrofiltre" (Electrotehnica).

Aceste realizări au fost prezentate pe scurt şi în numărul special al revistei noastre (Electrotehnica, nr. 1—2, 1964).

Din partea a II-a:

D. Simulescu: „Calitatea, criteriu esenţial în reproiectarea aparatelor de joasă tensiune" (Electroputere);

A. Moraru: „Probleme ale calităţii termocuplurilor şi termorezistenţelor fabricate la I.I.S. „Automatica";

Gh. Parpariţa: „Realizări din uzina „Electromagnetica" pe linia proiectării contoarelor monofazate";

Al. Gliga: „Redresoare stabilizate" (Electromagnetica);

V. Mitea: „Îmbunătăţirea micromotorului sincron tip MSM 200" (I.I.S. Automatica);

E. Feldmann: „Contribuţia laboratorului uzinal de la „Electroaparataj" la îmbunătăţirea calităţii produselor şi promovarea progresului tehnic".

Din partea a III-a a sesiunii:

A. Predoiu: „Aparatura electrotehnică pentru automatizarea maşinilor-unelte, asimilată la GUAEIA, ca urmare a activităţii I.P.A.";

A. Argintaru: „Sistem de comutaţie statică „UNILOG";

I. Papadache, Gh. Tunsoiu şi **V. Schönberger**: „Perspectiva asimilării elementelor de automatizare în R.P.R."

Vrînceanu P.

CZ 061.3: 534-8 (489) „1964"

CONSFĂTUIREA „METODE ULTRASONICE DE MĂSURARE ŞI CONTROL"

Comisia de acustică a Academiei Republicii Populare Romîne a organizat, între 29—31 octombrie 1964, la Bucureşti, o consfătuire pe ţară cu tema: „Metode ultrasonice de măsurare şi control".

La consfătuire au participat academicieni, membri corespondenţi ai Academiei R.P.R., ingineri şi specialişti din diverse ramuri de activitate, care se preocupă de problema studierii şi aplicării ultrasunetelor în tehnica industrială.

În prezent, ultrasunetele capătă o utilizare tot mai largă în diferite domenii ca: fizică, chimie, medicină, biologie.

Consfătuirea a fost deschisă de acad. E. Bădărău, preşedintele Comisiei de acustică a Academiei R.P.R., după care a urmat expunerea referatelor şi comunicărilor conform programului stabilit.

În total au fost prezentate 6 referate şi 19 comunicări intercalate cu numeroase discuţii şi cu vizite la diverse laboratoare de ultraacustică.

Referatele au fost următoarele:

M. Stan, L. Matei: Efecte fizice şi chimice ale ultrasunetelor;

M. Grumăzescu, M. Vlădescu: Metode ultrasonice de măsurare aplicate în tehnică;

A. Bernath: Defectoscopia ultrasonică în industria metalurgică şi a construcţiilor de maşini;

V. Şerban: Utilizarea defectoscopiei ultrasonice în exploatarea feroviară;

I. Făcăoaru: Aplicarea metodelor ultrasonice în industria construcţiilor;

C. Negoiţă: Metode de cercetare cu ultrasunete în biologie şi medicină.

Dintre comunicările prezentate amintim, în continuare, cîteva mai interesante pentru noi :

A. Forje : Asupra controlului cu ultrasunete al sudurilor la conducte din oţel aliat de grosimi mari, în montajul centralelor electrice.

În această lucrare se scoate în evidenţă faptul că volumul mare de control al sudurilor la conductele din oţel aliat a impus limitarea întrebuinţării metodelor care folosesc radiaţii nucleare (din motive de protecţie a muncii) şi utilizarea, în schimb, pe scară tot mai largă a metodelor ultrasonice de control. După prezentarea tipurilor de aparate folosite, se dau o serie de date din experienţa lucrătorilor de defectoscopie ultrasonică, examinîndu-se comparativ cu controlul radiologic cu raze X şi gama.

S. Şontea, M. Bălţănoiu, C. Burdulea : Folosirea ultrasunetelor la controlul calităţii izolaţiilor turnate din răşini epoxidice la uzinele „Electroputere"—Craiova.

Folosirea pe scară industrială, la U.E.P.C., a răşinilor epoxidice de turnare a ridicat probleme deosebite la recepţia şi urmărirea comportării în exploatare a acestora. Paralel cu determinarea caracteristicilor tehnice stabilite prin metode distructive, s-au aplicat şi metodele ultrasonice de control. Lucrarea prezintă rezultatele obţinute în acest domeniu.

D. Ausländer, St. Vădeanu, E. Constantin : Studiul acţiunii ultrasunetelor asupra constantei dielectrice a unor dielectrici lichizi.

Lucrarea tratează despre studierea, pe cale experimentală, a acţiunii cîmpului ultrasonic asupra unor dielectrici lichizi : apă, benzen, clorbenzen, cloroform ; asupra alcoolilor : metilic, etilic, propilic, amilic şi izoamilic, urmărind să pună în evidenţă modificarea permitivităţii acestor dielectrici. Rezultatele măsurărilor indică la o serie de dielectrici lichizi o scădere a permitivităţii în cîmpul ultrasonic.

St. Vădeanu, F. Kelemen, V. Znamirowschi, V. Babeş: Acţiunea ultrasunetelor asupra unor procese de electrod.

Lucrarea cuprinde un studiu experimental al acţiunii cîmpului ultrasonic asupra electrodului de hidrogen şi asupra potenţialului de echilibru al unei celule metal (electrolit) metal.

Lucrările consfătuirii au fost foarte interesante prin referatele şi comunicările prezentate, cît şi prin discuţiile purtate, scoţîndu-se în evidenţă importanţa deosebită pe care o au ultrasunetele în ştiinţa şi tehnica modernă. Consfătuirea a contribuit în acelaşi timp la realizarea unui schimb de experienţă foarte util între specialiştii care lucrează în acest domeniu.

S-au arătat o serie de avantaje ale metodelor ultrasonice de măsurare şi control în comparaţie cu alte metode folosite pînă în prezent, subliniindu-se necesitatea extinderii acestora şi în alte domenii ale industriei în care sînt mai puţin folosite.

M. S.

SCURTE ŞTIRI

Cea mai mare uzină atomoelectrică din lume. În Anglia va fi construită în anul 1967 la Wylfa (Wales de Nord) cea mai mare uzină atomoelectrică din lume, de o putere de 1 GW. Cheltuielile pentru această construcţie se evaluează la circa 1,2 miliarde DM. După terminarea acestei uzine, puterea totală instalată a uzinelor nucleare din Anglia va fi de 4,5 GW.

Din: Elektrotechnik, Praga, XIX, nr. 3, martie, 1964, pag. 96

Un turbogenerator de mare putere complet automatizat. La uzina „Westfalen" din oraşul Dortmund (R.F.G.) s-a dat în exploatare primul turboagregat mare, complet automatizat, produs al firmei BBC. El are puterea de 160 MW şi este prevăzut cu pornire, sincronizare, încărcare, decuplare şi oprire automate. În cazul deranjamentelor, după determinarea imediată a întregii situaţii, se efectuează intervenţiile care duc la înlăturarea defectelor. Încălzirea, pornirea şi încărcarea turbinei de abur se fac în funcţie de starea solicitării sale termice în fiecare moment, dar niciodată după un program dinainte stabilit. Această metodă de dirijare a întregului mers al agregatului, care s-a realizat pentru prima dată în lume, permite atingerea pornirii celei mai economice şi celei mai sigure (din punctul de vedere al solicitării mecanice şi termice a turbinei) în cel mai scurt timp. Dispozitivele automate au fost elaborate cu colaborarea tehnică a firmei BBC şi a societăţii Vereinigten Elektrizitätswerke. Toate lucrările de elaborare pînă la darea instalaţiei în exploatare au durat 18 luni.

Din: Energie, nr. 10, octombrie 1963.

O nouă uzină termoelectrică în Italia. La Spezzia în Italia vor fi instalate în noua uzină termoelectrică două turboagregate de o putere de cîte 600 MW. Primul va fi dat în exploatare la sfîrşitul anului 1966. Instalaţia de cazane furnizează 1 860 tone de abur pe oră. Turbinele sînt biaxiale cu 3 000 t/min şi lucrează cu abur la o presiune de 247 at şi la temperatura de 565°C. Pe fiecare arbore este un generator de o putere de 370 MVA. Astfel că puterea electrică totală este de 1 500 MVA.

Din: Elektrotechnik, Praga, XIX, nr. 4, aprilie 1964, pag. 127.

O nouă metodă de dirijare a maşinilor-unelte cu ajutorul comenzilor vorbite s-a experimentat în Institutul „Case Institute of Technology" din S.U.A. Cuvintele sînt transformate în informaţii numerice, prin intermediul cărora se face introducerea valorilor necesare în maşini.

Din: E.T.Z.-B, nr. 16, 1963.

Un nou material sintetic cu proprietăţi feromagnetice a fost realizat de o firmă americană. Acest material se livrează sub formă de plăci cu o grosime de circa 1,5 mm, plăcile fiind totodată magnetizate (în mod asemănător cu benzile de magnetofon). Un mare avantaj faţă de materialele magnetice actuale constă în faptul că materialul sintetic magnetic nu ruginește deloc.

Din: Automatik, nr. 8, 1963.

Turboagregate comandate de Japonia în Europa. Primele turboagregate mari, care au fost comandate după război de Japonia în Europa, urmează a fi livrate de firma Siemens din R.F.G. pentru uzina Kawasaki. Turbina de abur are puterea de 175 MW pentru 3 000 t/min, iar parametrii aburului sînt 190 at şi 538°C. Generatorul electric accesoriu are puterea de 224 MVA, factorul de putere de 0,85 pentru tensiunea de 12 kV la frecvenţa de 50 Hz.

Din: Elektrotechnik, Praga, XIX, nr. 4, aprilie 1964.

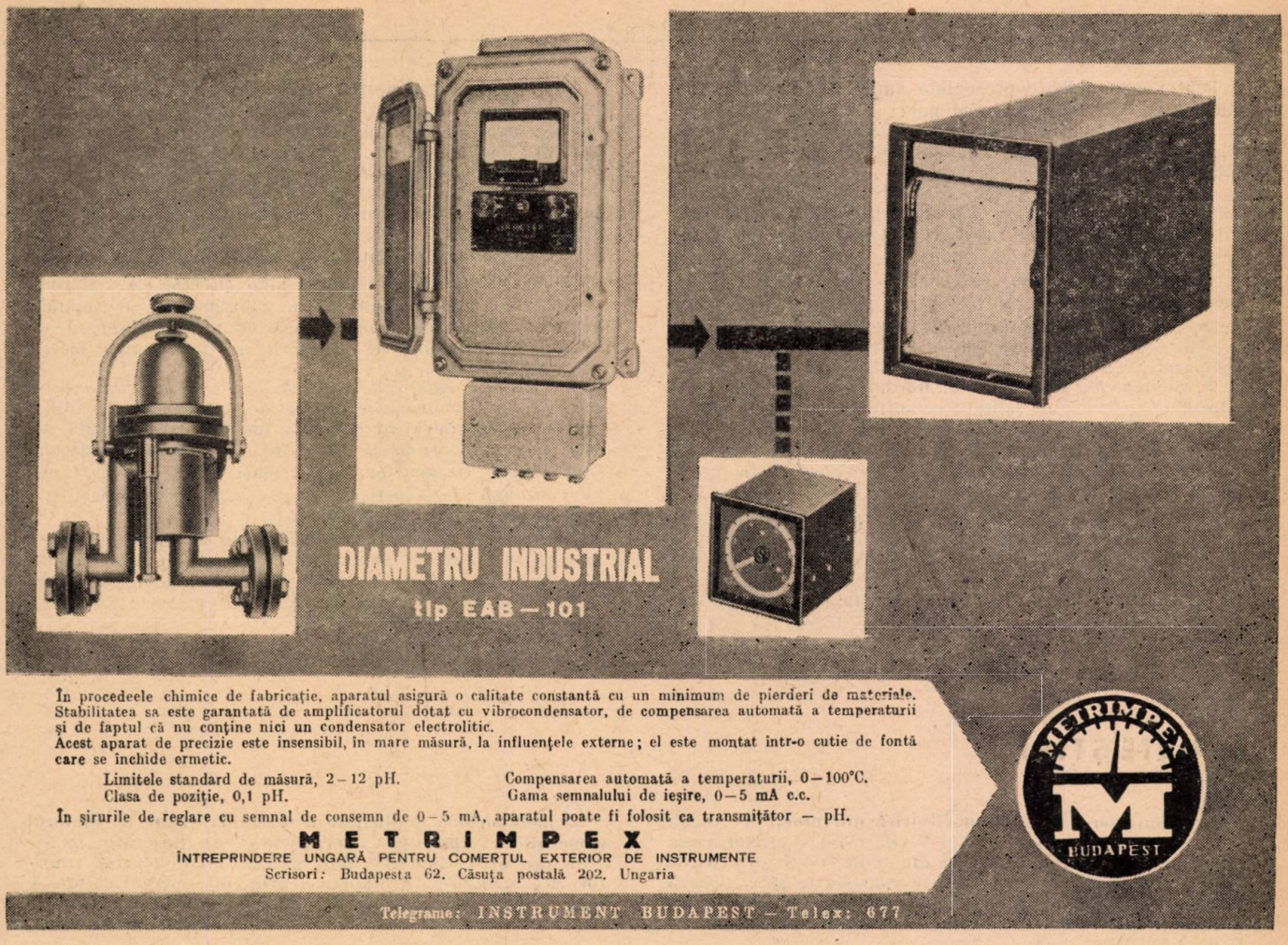
Magneţi supraconductivi portabili produce firma Westinghouse Cryogenies din S.U.A. Acest dispozitiv se compune dintr-un solenoid, în care se obţine o inducţie de 3 Ts din instalaţia proprie de alimentare de 120 V şi un rezervor cu azot lichid.

Din: E.T.Z.-B, nr. 19, 1863.

O turbină cu gaze de o putere de 50 MW a elaborat Uzina S. M. Kirov din Harkov, unitate care este de un timp îndelungat în exploatare experimentală într-una din uzinele grupului „Harkovenergo", turbină care este în prezent cea mai mare de acest gen din lume.

Din: Energetika, nr. 2, 1964.

DOKUMENTACIJA MUZEJA ELEKTROTEHNIKE



În procedeele chimice de fabricație, aparatul asigură o calitate constantă cu un minimum de pierderi de materiale. Stabilitatea sa este garantată de amplificatorul dotat cu vibrocondensator, de compensarea automată a temperaturii și de faptul că nu conține nici un condensator electrolitic.
Acest aparat de precizie este insensibil, în mare măsură, la influențele externe; el este montat într-o cutie de fontă care se închide ermetic.

Limitele standard de măsură, 2 – 12 pH.
Clasa de poziție, 0,1 pH.
Compensarea automată a temperaturii, 0 — 100°C.
Gama semnalului de ieșire, 0 — 5 mA c.c.

În șirurile de reglare cu semnal de consemn de 0 – 5 mA, aparatul poate fi folosit ca transmițător — pH.

METRIMPEX
ÎNTREPRINDERE UNGARĂ PENTRU COMERȚUL EXTERIOR DE INSTRUMENTE
Scrisori: Budapesta 62. Căsuța postală 202. Ungaria

Telegrame: INSTRUMENT BUDAPEST — Telex: 677

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU; prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, membru coresp. al Academiei R.P.R.; acad. dr. ing. A. AVRAMESCU — redactor responsabil; ing. V. BUNEA; ing. V. CIOFU; prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU; ing. AL. GRECEANU; ing. ȘT. GROSU; conf. ing. G. HORTOPAN — redactor responsabil adjunct; conf. ing. G. LAZARIDE; ing. A. POPA; prof. ing. CRISTINA POPESCU; ing. VL. POPOVICI; acad. prof. dr. ing. R. RĂDULEȚ; ing. ST. ȚIGANETEA; ing. R. VLĂDOIANU

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Ministerului Industriei Construcțiilor de Mașini și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. — Redacția și administrația, București, str. Ion Ghica nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu. Telefon: 13.84.16. Revista este editată de M.I.C.M. Abonamentele se primesc la administrația revistei. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile tehnice M.I.C.M. — cont 026002 B.R.P.R. — Filiala 30 Decembrie, București. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual; tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri: lei 30 anual. Costul unui exemplar lei 5. Tiparul: Întreprinderea „Informația", str. Brezoianu nr. 23—25, București, c. 4488

MŰSZAKI KÖNYVTÁR DOKUMENTÁCIÓS OSZTÁLY 1883

41 400

SOMMAIRE

CD 621.372.011.1 : 512.831

Pololea, E. : **Méthodes de solution des équations matricielles des réseaux électriques.**

Electrotehnica 12, no. 12, déc. 1964, p. 445–457

En employant les méthodes fondamentales pour résoudre les équations de fonctionnement, et notamment : la méthode des potentiels aux noeuds, la méthode des paires de noeuds et la méthode des courants cycliques, on obtient de nouvelles relations dans le cas des réseaux à courants aux noeuds. On précise certains aspects théoriques concernant la méthode de transformation des réseaux : on met en évidence l'existence de deux catégories de transformations (topologiques et fonctionnelles) et l'on spécifie que, dans le réseaux initial et dans les réseaux transformés, le fait de conserver les puissances débitées par les sources n'est pas une condition nécessaire des transformateurs, mais une condition qui apparaît seulement dans les cas spéciaux.

CD 621.313.33.011.1.004.13

Nedelcu, V. N. : **Sur la déduction des équations relatives aux tensions de la machine asynchrone.**

Electrotehnica 12, no. 12, déc. 1964, p. 457–461

On établit les équations générales de fonctionnement de la machine asynchrone à double alimentation par l'intermédiaire des phaseurs représentatifs. On particularise ces équations pour le cas du régime permanent de fonctionnement, indiquant la nécessité et l'importance de préciser le système de coordonnées de référence. On présente aussi le diagramme phasorial des tensions.

CD 621.313.14.048.8 : 621.56/59

Antohi, C., Bărcănescu, V., Pascal, P. et *Furtunescu, E.* : **Le schéma d'isolation pour les machines électriques utilisées à l'entraînement des compresseurs faisant partie des agrégats frigorifiques capsulés.**

Electrotehnica 12, no. 12, déc. 1964, p. 461–468

Après une présentation sommaire du stade actuel dans la technique mondiale, on décrit les méthodes utilisées ainsi que les résultats obtenus lors de la vérification de la compatibilité des matériaux électroisolants avec les solvents utilisés au lavage des agrégats et avec l'huile et le fréon employés à leur remplissage. En analysant les résultats obtenus on tire certaines conclusions concernant les schémas d'isolation qui doivent être adoptés, ainsi que sur les possibilités de l'utilisation du fréon 12 et de l'huile pour le fréon de fabrication indigène.

CD 621.316.5.066.6 : 621.8.034.4

Tomoiagă, R. et *Lăzărescu, I.* : **Contributions au calcul et à l'établissement des dimensions des arcs hélicoïdaux destinés à l'appareillage électrique de connexion.**

Electrotehnica 12, no. 12, déc. 1964, p. 468–475

Les sollicitations dynamiques auxquelles sont exposées les pièces qui composent l'appareillage électrique de connexion, dues à l'accroissement de la durée de fonctionnement et à la fréquence d'action, imposent de compléter ou bien de corriger les méthodes de calcul. L'établissement des dimensions nécessaires des ressorts — éléments qui au cours du fonctionnement sont soumis aux sollicitations dynamiques les plus intenses — rend nécessaire l'utilisation de certains paramètres de calcul qui puissent correspondre parfaitement, paramètres résultés à la suite de nombreuses expériences de laboratoire.

COMPTES RENDUS 475–478

EXTRAITS 478–481

CHRONIQUE 481–483

BRÈVES NOUVELLES 483–484

TITLURI DOCUMENTARE

CZ 621.3 ELECTROTEHNICĂ GENERALĂ

CZ 621.3.042.143.3

Ganz, D. : **Asupra proprietăților și posibilităților de aplicare a unei texturi cubice, compuse din aliaje fero-siliciu de 3%.** În : Electrotechn. Z. (E.T.Z.-A) **85**, nr. 15, 24 iulie 1964, p. 454—457, 3 fig., 4 tabl., 16 ref. bibl.

CZ 621.311.1.027.873

Cahill, L. : **Transportul energiei de curent alternativ la foarte înaltă tensiune, de 500...750 kV.** În : Bull. ASE **55**, nr. 11, 30 mai 1964, p. 519—529, 11 fig.

CZ 621.311.161

Neugebauer, G. : **Probleme și posibilități de transmitere a vectorilor de tensiune.** În : Energietechn. **14**, nr. 2, febr. 1964, p. 83—86, 5 fig., 3 ref. bibl.

CZ 621.313 MAȘINI ELECTRICE DE CURENT CONTINUU ȘI ALTERNATIV. GENERATOARE. MOTOARE

CZ 621.313.33

Sakarian, I. G. și *Blotki, M. M.* : **Experimentarea motorului sincron asincronizat.** În : Elektrotehnika **35**, nr. 3, martie 1964, p. 9—12, 6 fig., 4 ref. bibl.

CZ 621.313.333 : 621.3.017.7.

Rekus, G. G. : **Încălzirea motoarelor asincrone trifazate, care funcționează în regim monofazat cu condensator.** În : Elektricestvo, nr. 3, martie 1964, p. 80—82, 4 fig., 4 ref. bibl.

CZ 621.313.333 : 621.313.323.004.15

Siromeatnikov, I. A. : **Compararea eficacității de utilizare a motoarelor electrice asincrone și sincrone, în cazul mecanismelor cu sarcină sub formă de șocuri.** În : Elektricestvo, nr. 3, martie 1964, p. 44—50, 2 fig., 4 tabl., 3 ref. bibl.

CZ 621.314 TRANSFORMAREA ENERGIEI ELECTRICE. TRANSFORMATOARE. CONVERTIZOARE. REDRESOARE

CZ 621.314.22

Kamenomostki, I. A. : **Influența frecvenței asupra parametrilor electromagnetici de bază ai transformatoarelor.** În : Elektrotechnika **35**, nr. 3, martie 1964, p. 19—22, 3 fig., 6 tabl., 1 ref. bibl.

CZ 621.314.222 : 621.316.1

Kalinicenko, I. S. : **Posibilitatea perfecționării transformatoarelor și mărirea puterii lor limită.** În : Elektrotehnika **35**, nr. 3, martie 1964, p. 34—35, 1 fig., 3 tabl., 2 ref. bibl.

CZ 621.314.63 : 621.316.1

Baliberdin, L. L. ș.a. : **Redresor experimental industrial cu semiconductoare pentru transportul electric urban.** În : Elektrotehnika **35**, nr. 3, martie 1964, p. 39—40, 2 fig.

CZ 621.314.63 : 621.396

Kucis, E. : **Redresor pentru încărcarea acumulatoarelor miniatură.** În : Radio, nr. 3, martie 1964, p. 37, 1 fig.

CONTENTS

DC 621.372.011.1 : 512.831

Pololea, E. : **Some methods of solving the matrix equations of electric networks.**

Electrotehnica 12, nr. 12, dec. 1964, p. 445–457

Some new relations are obtained in the case of networks with currents at the nodes by using the basic methods of solving the working equations, i. e. the method of potentials at the nodes, the node-pair method and the cyclic current method. Some theoretical aspects concerning the network transformation method are discussed. The existence of two categories of transformations (topological and functional) is emphasized and it is shown that in the initial and transformed networks the maintenance of the powers delivered by the sources is not a necessary condition of transformers but one occurring only in particular cases.

DC 621.313.33.011.1.004.13

Nedelcu, V. N. : **Concerning the deduction of voltage equations of asynchronous machines.**

Electrotehnica 12, nr. 12, dec. 1964, p. 457–461

The general working equations of double-fed asynchronous machines are established through the intermediary of the representative phasors. These equations are adapted to the case of the permanent working regime stressing the necessity and the importance of specifying the reference co-ordinate system. The phase diagram of voltages is presented.

DC 621.313.14.048.8 : 621.56/59

Antohi, C., Bărcănescu, V., Pascal, P. and *Furtunescu, E.* : **Insulating schemes for the electric machines used to drive the compressors in the capsulated refrigerating aggregates.**

Electrotehnica 12, nr. 12, dec. 1964, p. 461–468

A brief presentation of the present stage in world technics is followed by the description of the methods used and results obtained from checking the compatibility of the electroinsulating materials with the solvents used to wash the aggregates and with the oil freon used for filling them. Following the analysis of the results obtained some conclusions are drawn concerning the insulating schemes which are to be adopted and the possibilities of using freon 12 and the Rumanian-made freon oil.

DC 621.316.5.066.6 : 621.8.034.4

Tomoiagă, R. and *Lăzărescu, I.* : **Contributions to the calculus and dimensioning of helicoidal springs in the connecting switchgear.**

Electrotehnica 12, nr. 12, dec. 1964, p. 468–475

The dynamic stresses to which the parts of the connecting switchgear are subjected due to increased lifetime and drive frequency require the completion and correction of the calculation methods. The proper dimensioning of springs which are undergoing the most intense dynamic stresses requires the utilization of adequate calculus parameters resulting from numerous laboratory experiments.

REVIEWS 475–478

REPORTS 478–481

CHRONICLE 481–483

BRIEF NEWS 483–484

CZ 621.316 DISTRIBUȚIA ENERGIEI ELECTRICE. REȚELE DE DISTRIBUȚIE. DESCHIDEREA ȘI ÎNCHIDEREA CIRCUITELOR. REGLAREA MĂRIMILOR ELECTRICE. PROTECȚIA APARATELOR

CZ 621.316.93

Christoffel, M. : **Influența liniilor de cablu asupra proceselor de supratensiune în sistemele de transmitere a tensiunii medii și mari.** În : Brown Boveri Mittl. **51**, nr. 6, iunie 1964, p. 369—376, 4 fig., 8 ref. bibl.

CZ 621.316.93 : 621.31.048

Christoffel, M. : **Coordonarea izolării în instalațiile de înaltă și medie tensiune.** În : Brown Boveri Mittl. **51**, nr. 6, iunie 1964, p. 341—345, 2 fig., 13 ref. bibl.

CZ 621.316.933.4

Christener, H. și *Morf, A.* : **Un nou cablu de 4,5 pînă la 750 kV.** În : Brown Boveri Mittl. **51**, nr. 6, iunie 1964, p. 346—357, 10 fig., 11 ref. bibl.

CZ 621.316.933.4.002.2

Kaeser, F. : **Instalațiile noastre de fabricație și verificări pentru cabluri de supratensiuni.** În : Brown Boveri Mittl. **51**, nr. 6, iunie 1964, p. 388—394, 10 fig., 5 ref. bibl.

CZ 621.316.933.4.027.2

Caillard, L. J. : **Cabluri de joasă tensiune pentru protecția redresoarelor cu siliciu și a instalațiilor de joasă tensiune.** În : Brown Boveri Mittl. **51**, nr. 6, iunie 1964, p. 386—387, 2 fig.

CZ 621.316.933.4 : 621.314.21.052.32

Sarbach, E. : **Protecția punctului de zero la transformatoare.** În : Brown Boveri Mittl. **51**, nr. 6, iunie 1964, p. 377—381, 4 fig., 7 ref. bibl.

CZ. 621.317 TEHNICA MĂSURILOR ELECTRICE. APARATE DE MĂSURĂ

CZ 621.317.2.027.3.001.1

Wenzel, K. : **Ecuații de dimensiuni pentru proiectarea instalațiilor de încercare la înaltă tensiune.** În : Elektrotechn. Z. (E.T.Z.-A) **85**, nr. 15, 24 iulie 1964, p. 469—470, 2 fig., 1 tabl., 4 ref. bibl.

CZ 621.319 CONDENSATOARE

CZ 621.319.4 : 621.316.727

Wenzel, K. : **Proprietățile și domeniile de aplicare a condensatorului Ascaril pentru curenți tari pentru îmbunătățirea factorului de putere.** În : E. und M. **81**, nr. 4, 15 febr. 1964, p. 77—79, 6 ref. bibl.

CZ 621.319.44 : 621.315.612

Aladiev, A. T. și *Valeev, H. S.* : **Influența îmbătrînirii dielectricului la proiectarea condensatoarelor ceramice de putere reactivă mare.** În : Electricestvo, nr. 3, martie 1964, p. 37—41, 8 fig., 17 ref. bibl.

APARATAJ DE ÎNALTĂ TENSIUNE

Echipament complet pentru staţii de distribuţie energetice şi industriale

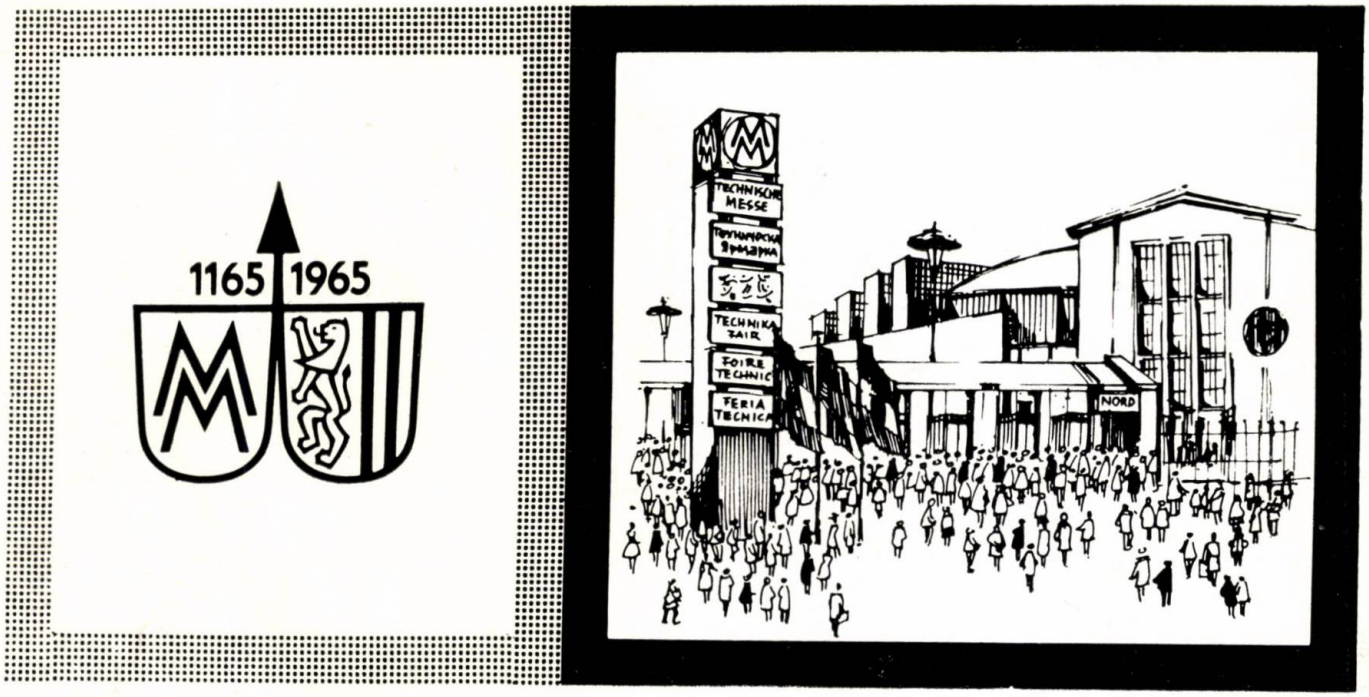
Întreruptoare pînă la 123 kV
Separatoare de putere pentru 6, 10, 20 kV
Separatoare pînă la 220 kV
Siguranţe pînă la 35 kV
Transformatoare de curent şi de tensiune pînă la 400 kV
Paratrăsnete împotriva supratensiunilor pînă la 400 kV

EXPORTATOR EXCLUSIV:

SOCIETATEA POLONĂ DE COMERŢ EXTERIOR PENTRU
ELECTROTEHNICĂ. SOCIETATE CU DOMENIU LIMITAT

Elektrim

Varşovia, str. Czackiego 15/17 — POLONIA
Telex: 81 — 347 — Căsuţa poştală 638



Al 800-lea TÎRG de la Leipzig

Pentru comerţul internaţional liber şi pentru progresul tehnic.

Industria electrică a Republicii Democrate Germane este din nou prezentă.

La Tîrgul jubiliar de la începutul anului 1965 veţi vedea, expuse în sălile 18, 15, şi 11 ale Tîrgului tehnic cele mai noi realizări ale acestei industrii. Experţii noştri vor sta cu plăcere la dispoziţia d-voastră pentru a da lămuriri comerciale şi tehnice.

Vă veţi convinge astfel şi d-voastră de înaltul nivel al performanţelor industriei noastre electrice, ale cărei produse sînt exportate în 88 de ţări.

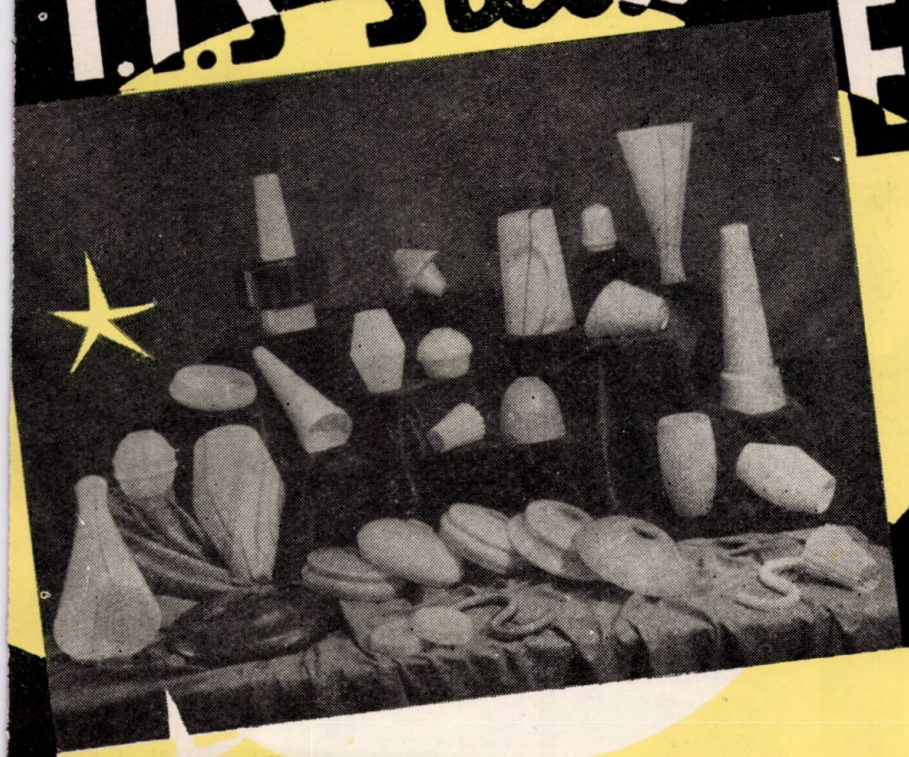
DEUTSCHER INNEN – UND AUSSENHANDEL
BERLIN N 4, CHAUSSEESTRASSE 111/112

Elektrotechnik

REPUBLICA DEMOCRATĂ GERMANĂ

Început de an la Leipzig
28.2 — 9.3 1965.

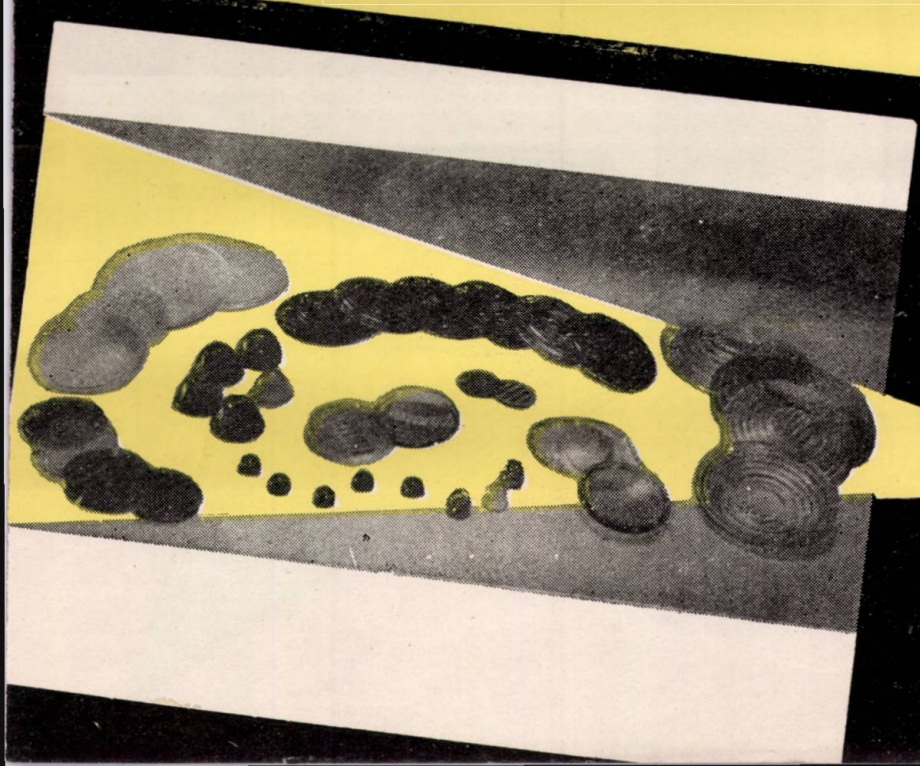
I.I.S Steaua Electrică FIENI



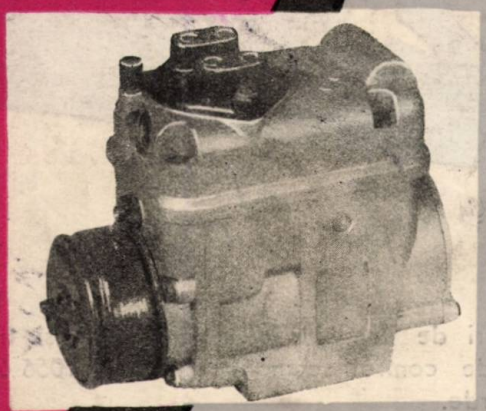
produce:

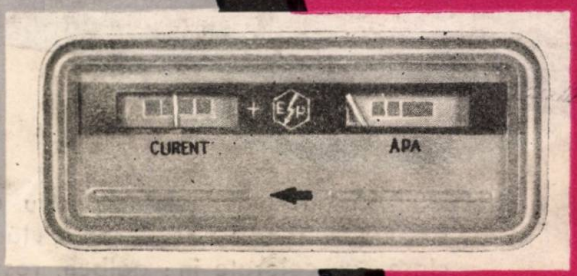
- DISPERSOARE DIN STICLĂ – pentru corpuri de iluminat la autovehicule și tractoare (faruri stopuri, iluminat bord, scală, lămpi de control semnalizare) — NI-1056-61. Se execută clare sau colorate în: galben, roșu, verde.
- LENTILE DIN STICLĂ — clare și colorate, pentru sistemul optic al semnalelor luminoase la căile ferate — NI-1063-61.
- GLOBURI OPALE — STAS 2249—59.
- GLOBURI ȘI APĂRĂTORI DIN STICLĂ — STAS 2636—60.
- GLOBURI PENTRU LUSTRE — NI 61-62
- PLAFONIERE OPALE — NI 685-58.
- APĂRĂTORI DIN STICLĂ CLARĂ — NI 868-60.
- TUBURI DIN STICLĂ PENTRU FIRME LUMINOASE și alte scopuri — NI 871-60.

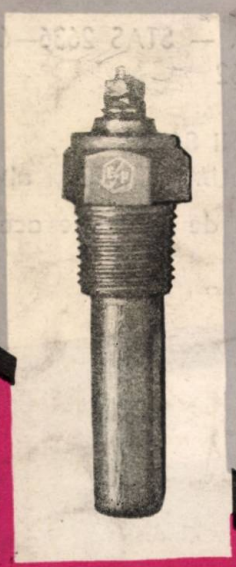
Produsele se livrează pe bază de repartiție acordată de M.I.C.M. — D.A.D.

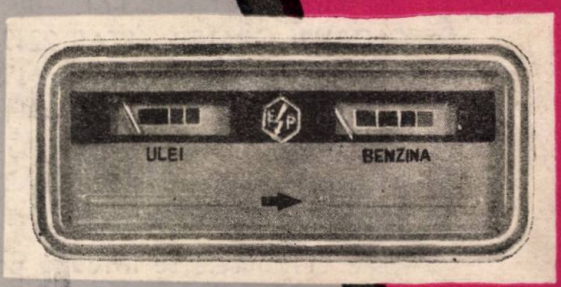


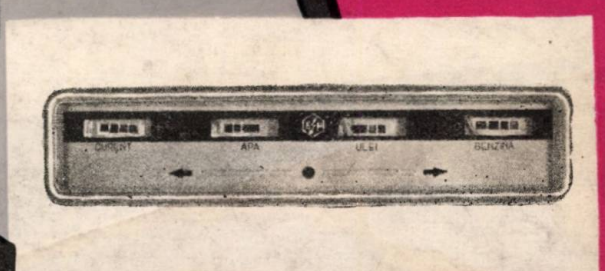
UZINA ELECTROPRECIZIE SĂCELE











produce

ECHIPAMENT ELECTRIC

PENTRU

- AUTOCAMIOANE • TRACTOARE
- AUTOBUZE • TROLEIBUZE

și alte autovehicule, asigurînd cele mai exigente condiții de exploatare.